LOKALISATION VON SINNESEINDRÜCKEN BEI DISPARATEN NEBENREIZEN

MIT ZWEI FIGUREN IM TEXT

HABILITATIONSSCHRIFT

DURCH WELCHE MIT GENEHMIGUNG DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT DER UNIVERSITÄT LEIPZIG ZU SEINER

MITTWOCH, DEN 26. MAI 12–1 UHR MITTAGS, AUDITORIUM 27

STATTFINDENDEN PROBEVORLESUNG ÜBER

HELMHOLTZ UND DIE NEUERE PSYCHOLOGIE

GANZ ERGEBENST EINLADET

DR. PHIL. OTTO KLEMM

ACAD. LEHR. BAT. BIBL.

LEIPZIG
WILHELM ENGELMANN
1909

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Einleitung 5
1. Die räumlichen Beziehungen disparater Reize 5
2. Zur Geschichte des Problems 10
3. Experimentelle Vorarbeiten 18

II. Räumliche Komplikation von Licht und Schall 23
1. Beeinflussung der Lokalisation eines Schallreizes durch einen gleichzeitigen Lichtreiz 23
a) Scheinbare Abweichung von der Sagittalebene 23
b) Bestimmung der Induktionswirkung durch den Vergleich des Ortes zweier Schallreize 34
2. Wechselseitige Ablenkung von Licht und Schall 39
a) Ablenkung der Richtung 39
b) Vergleich von simultan und sukzessiv begrenzten Strecken 41
c) Simultanschwelle und Sukzessivschwelle 42
1) Richtungsunterschiede 42
2) Entfernungsunterschiede 46
3. Künstliche Steigerungen der Tendenz zu räumlicher Verschmelzung . . . 48

III. Räumliche Komplikation von Licht und Druck 51
1. Simultanschwelle und Sukzessivschwelle 51
2. Wechselseitige Ablenkung eines Licht- und eines Druckreizes 54
3. Vergleich zwischen simultan und sukzessiv begrenzten Strecken 56
4. Der Einfluß wiederholter gleichzeitiger Darbietungen 60

IV. Räumliche Komplikation von Schall und Druck 62
1. Simultanschwelle und Sukzessivschwelle 62
2. Wechselseitige Ablenkung eines Schall- und eines Druckreizes 64
3. Vergleich zwischen simultan und sukzessiv begrenzten Strecken 64
4. Einige Versuche über Komplikation von Licht, Druck und Schall 65

V. Besprechung der Ergebnisse 67
1. Die räumlichen Induktionen von Licht, Schall und Druck 67
a) Quantitative Vergleiche 67
b) Numerische Bestimmungen 68
2. Bemerkungen über die Raumschwelle 75
a) Raumschwelle und Streckenauffassung 75
b) Raumschwelle homogener und disparater Reize 82
3. Zusammenfassung und allgemeinere Sätze 91

I. Einleitung.

1. Die räumlichen Beziehungen disparater Reize.

Eines der ältesten Probleme, welches von der Herrschaft spekulativer Theorien der experimentellen Forschung freigegeben werden mußte, ist die Bildung der räumlichen Vorstellungen. So zahlreich aber auch die Untersuchungen über räumliche Vorstellungen innerhalb jedes einzelnen Sinnesgebietes sind, so gering sind doch noch die experimentellen Aufschlüsse über die Art und Weise, wie die Eindrücke der einzelnen Sinnesgebiete in einen gemeinsamen Raum vereinigt werden. Diese Vereinigung ist zwar ein Problem, an dem kaum irgend eine Theorie der räumlichen Vorstellungen vorübergehen konnte; aber dieses Problem wurde meist auch nur theoretisch behandelt. Eine Reihe wichtiger allgemeiner psychologischer Erfahrungen stehen freilich auch hier zur Verfügung; so etwa für Tastlokalisationen das Auftauchen eines optischen Erinnerungsbildes, oder für Schallokalisationen die mannigfachen Täuschungen, die durch absichtlich irreführende Gesichtseindrücke entstehen können. Aber dieselben Fragen an die Eigentümlichkeiten der Raumauffassung auf den einzelnen Sinnesgebieten, die nur durch Experimente beantwortet werden können, sie lassen sich auch auf disparate Sinneseindrücke übertragen. Eine Einschränkung erfährt diese ganz allgemeine Fragestellung freilich schon dadurch, daß wir nicht eine allgemeine Raumanschauung haben, von welcher der Gesichtsraum,

der Tastraum usf. Spezialisierungen wären, sondern der Raum schlechthin ist für die Anschauung des Sehenden stets der Gesichtsraum. Die Frage nach einer an disparate Eindrücke gebundenen Raumvorstellung irgend welcher Art kann demnach stets auf die Frage zurückgeführt werden, wie die Eindrücke der anderen Sinne in den Gesichtsraum eingeordnet werden.

Zu dieser Frage sollen die folgenden Untersuchungen ein Beitrag sein; sie sollen diese Einordnung unter exakten, künstlich hergestellten Bedingungen prüfen. Jedesmal, wenn wir einen Tasteindruck oder einen Schalleindruck lokalisieren, vollziehen wir eine derartige Eintragung. Sie geschieht mit einer meßbaren Präzision und hat einen Schätzungswert, der mit dem wahren Ort des Eindrucks verglichen werden kann. Nun aber setzen wir absichtlich diese Lokalisation dem Einfluß eines disparaten Reizes aus, und untersuchen, wie sich jetzt die Präzision und der Schätzungswert der Lokalisation verhalten. Dieser zweite Reiz hat gegenüber dem ersten die Bedeutung eines Nebenreizes. Es ist von Vorteil für die Eindeutigkeit der Versuche, wenn dieser zweite disparate Reiz wirklich als Nebenreiz behandelt wird, und die Frage immer darauf zielt, wohin der erste Reiz unter diesem Einfluß lokalisiert wird. Der nächste Gedanke ist offenbar der, den disparaten Nebenreiz gleichzeitig mit dem Hauptreiz einwirken zu lassen. Aber ein Einfluß ist auch bei einer Sukzession von Haupt- und Nebenreiz nicht ausgeschlossen. Daher wurden der Einfluß der Gleichzeitigkeit und der Sukzession in systematischer und vergleichbarer Weise geprüft.

Dieser Vergleich zwischen sukzessiver und simultaner Darbietung ist bei disparaten Reizen viel fruchtbarer, als bei Reizen des gleichen Sinnesgebietes, die zum Unterschied von disparaten Reizen als homogen bezeichnet werden mögen. Die Raumschwelle zweier homogener Reize ist je nach der Struktur des Sinnesorganes in ganz verschiedener Weise von der Gleichzeitigkeit oder Sukzession der beiden Eindrücke abhängig. Die Raumschwelle des Tastsinnes ist bei gleichzeitiger Reizung erheblich höher als bei sukzessiver; für den Gesichtssinn ist das Verhältnis umgekehrt. Denken wir speziell an die Auffassung der Tiefendistanz bei Gesichtseindrücken, so pflegt man hier einen simultanen Faktor, die binokulare Parallaxe, und einen bei sukzessiver Darbietung wirksamen Faktor, den Konvergenzapparat,

heranzuziehen. Die Leistung der binokularen Parallaxe für die Wahrnehmung relativer Entfernungsunterschiede übertrifft aber die des Konvergenzapparates bei gleichen absoluten Entfernungen, um mehr als das Fünfhundertfache[1]). Wenn es also gelänge, durch sukzessive und simultane Darbietungen diese Faktoren teilweise zu isolieren, würden die Verschiedenheiten der Schwelle sich aus der verschiedenen Schärfe dieser Faktoren befriedigend erklären lassen, ohne daß man auf zentrale Einflüsse zurückgreifen müßte. Alle diese Vieldeutigkeiten, die beim Vergleich zwischen simultaner und sukzessiver Darbietung innerhalb desselben Sinnesgebietes vorliegen, verschwinden hingegen bei disparaten Reizen. Beim sukzessiven Vergleich des Ortes eines Schall- und eines Lichtreizes können keine anderen Faktoren an der Lokalisation beteiligt sein, als beim simultanen. Wenn jetzt noch Verschiedenheiten bestehen, dann müssen diese in zentralen Bedingungen gesucht werden. Bei sukzessiver Darbietung ist hier stets an eine annähernd optimale Zwischenzeit gedacht. Die Frage, wie der Einfluß des Nebenreizes sich bei beliebigen Variationen der Zwischenzeit ändert, wurde noch nicht behandelt.

Als theoretischer Gesichtspunkt ist im folgenden festzuhalten, daß jede Bedingung, durch die wir einen Lokalisationsvorgang in eindeutiger Weise zu beeinflussen vermögen, an der Entstehung der Lokalisation selbst beteiligt gewesen sein kann. Die Lokalisation ist für das entwickelte Bewußtsein etwas Gegebenes; der rein phänomenologische Standpunkt hat mit dem Gegensatz des Nativismus und des Empirismus nichts zu tun. Wenn es nun glückt, an diesem festen Lokalisationsschema auf künstlichem Wege Verschiebungen anzubringen, so schließen wir auf Grund der Homogeneität der beteiligten Faktoren darauf, daß dieser künstliche Weg mit jenem ursprünglichen natürlichen Wege irgend etwas gemeinsam habe. Diese Bedeutung haben die psychischen Täuschungen auf fast allen Gebieten der Vorstellungsbildung. Ein solcher Schluß auf Grund eines anderweitig erwiesenen Prinzips ist auch in den Naturwissenschaften nicht ungewöhnlich und wird überaus häufig da angewendet, wo sich ein Vorgang unserer direkten Beobachtung entzieht. Wenn z. B. eine

[1]) Vgl. O. Zoth, Augenbewegungen und Gesichtswahrnehmungen, in Nagels Handb. d. Physiol. III, 1905, S. 415.

aufgerollte Spiralfeder mit Asbestfäden zusammengebunden und in Salpetersäure aufgelöst wird, so geht die potentielle Energie der Feder verloren; aber kein Physiker wird Bedenken tragen, auf Grund des Prinzips der Erhaltung der Energie das Äquivalent hierfür in einer größeren Erwärmung der Salpetersäure zu suchen, die sich durch unmittelbare Messung kaum nachweisen lassen wird. In unserem Falle nehmen wir an, daß sich ein bestimmter psychophysischer Mechanismus, wie er für die Lokalisation von Sinneseindrücken vorhanden ist, nur durch solche Faktoren in gesetzmäßiger Weise beeinflussen läßt, die irgend einem der Faktoren dieses Mechanismus homogen sind.

Freilich darf auf psychologischem Gebiete ein solcher Gedankengang nur mit Vorsicht vollzogen werden. Wir müssen uns in jedem Falle davon überzeugen, ob die künstlich eingeführte Bedingung direkt auf die an der Lokalisation beteiligten Hilfsmittel einwirkt, oder ob nicht die Vermittelung einer übergeordneten Funktion in Anspruch genommen wird. Mit der letzteren Möglichkeit ist überall zu rechnen; und in diesem Sinne sind alle Größen, die irgend einer psychischen Maßmethode zugänglich sind, vieldeutig. Die Unterschiedsschwelle für Intensitäten z. B. ist für die einzelnen Sinnesgebiete in charakteristischer Weise verschieden; sie ist aber stets auch von der Aufmerksamkeit abhängig, die hier als übergeordnete Funktion auftritt.

Es bedarf daher immer, wenn man in dem angegebenen Sinne psychische Messungen verwerten will, der psychologischen Analyse, um diese Vieldeutigkeit der psychischen Maßwerte auszuschalten. Es sei beispielsweise die Frage zu entscheiden, in welchem Umfange Augenbewegungen an den geometrisch-optischen Täuschungen beteiligt sind. Dann empfiehlt es sich, da zur Ausführung der Augenbewegung stets eine gewisse Zeit erforderlich ist, die Expositionszeit des Objektes soweit zu verkürzen, bis irgend merkliche Augenbewegungen während dieser Expositionszeit ausgeschlossen sind. Wenn nun hierbei der Täuschungsgrad sich mindern würde, so wäre das Resultat doch noch vieldeutig. Denn wir haben nicht nur Augenbewegungen ausgeschlossen, sondern zugleich die Apperzeptionszeit gekürzt, und da vielleicht ein anderer Vorgang, der die Täuschung nach sich zieht, etwa die Einfühlung, gleichfalls eine gewisse Zeit

beansprucht, könnte die unbeabsichtigte Ausschließung dieses Vorganges der wahre Grund für die Minderung der Täuschungswirkung gewesen sein. Nach den Versuchen Einthovens[1]) ist aber die Täuschungswirkung der Müller-Lyerschen Figur bei Momentanbeleuchtung sogar gesteigert. Entweder wird man sich nun dazu entschließen, die bloßen Innervationen zu Augenbewegungen für die Täuschung verantwortlich zu machen, oder man nimmt an, daß gewisse Kompensationen der Täuschung, die bei länger dauernder Betrachtung durch verschiedenartige sekundäre Vergleichungen wirksam werden, bei momentaner Darbietung wegfallen. Hier werden also die Versuche erst durch eine besondere psychologische Analyse verwertbar.

Endlich ist noch an die allgemeine Bedeutung zu denken, die jeder Nebenreiz als ein Hemmungsreiz hat. Die ausgedehnten Versuche von Heymanns über psychische Hemmung haben gezeigt, daß die Reizschwelle und die Unterschiedsschwelle bei gleichzeitiger Einwirkung eines homogenen oder disparaten Nebenreizes wachsen. In diesen Versuchen trat die Abhängigkeit des Klarheitsgrades eines Bewußtseininhaltes von den gleichzeitig mit gegebenen Inhalten zu Tage. Bei ihnen handelte es sich um die Intensität der Reize; die nächste Analogie bei dem Problem der Lokalisation bestünde etwa darin, die Abhängigkeit der Raumschwelle oder der Festigkeit, mit der ein Eindruck an der ihm normaler Weise zukommenden Stelle des Raumes haftet, von der gleichzeitigen Einwirkung eines Nebenreizes zu prüfen. Da aber dieser Nebenreiz auch eine bestimmte Stelle im Raume hat, so kann er eine neue, in ihrer Art eindeutige Lokalisationsbedingung abgeben. Der Einfluß des Nebenreizes auf die Lokalisation geht also in jedem Falle über den einer bloßen Hemmung hinaus; ja es wäre denkbar, daß der Hemmungseinfluß ganz zurücktrete hinter dem einer konstanten Ablenkung. Während der Hemmungsreiz im Heymannsschen Sinne die Leistung auf dem Gebiete des Hauptreizes herabsetzt, braucht hier der Nebenreiz die Leistung, die in der Präzision der Lokalisation zum Ausdruck kommt, nicht zu mindern, sondern sein Einfluß kann sich darin erschöpfen, daß er ihre Richtung verändert. Nur in einem

---

[1]) Pflügers Archiv 71, S. 1 ff.

Grenzfalle lassen sich die beiden hier getrennten Einflüsse des Nebenreizes nicht mehr auseinanderhalten, nämlich dann, wenn die Distanz von Haupt- und Nebenreiz bis zur Ebenmerklichkeit verkleinert wird, oder noch unter sie herabsinkt. In diesem Falle verliert aber auch die Unterscheidung von Haupt- und Nebenreiz ihre Bedeutung; die Bestimmung der Raumschwelle zweier disparaten Reize ist auch ohne eine solche Unterscheidung eine völlig eindeutige Aufgabe.

2. Zur Geschichte des Problems.

Zwischen den zeitlichen Verhältnissen von Empfindungen und ihrer räumlichen Ordnung sind von jeher Beziehungen gesucht worden. So war es ein Lieblingsgedanke der älteren Raumtheorien, daß die Gleichzeitigkeit mehrerer Empfindungen ein wichtiger Anlaß für die Bildung räumlicher Vorstellungen sei. Waitz[1]) leitet die Vorstellung des Raumes aus der Nötigung der Seele ab, eine gegebene Mannigfaltigkeit gleichzeitig distinkt aufzufassen. Gleichzeitige qualitative Zustände sind so lange eine Störung für das rein intensive Wesen der Seele, bis sie räumlich auseinandertreten. Besonders konkret wird dieser Gedanke bei Preyer[2]), wenn er die Zeitvorstellung aus der Unterscheidung von Empfindungen derselben Nervenfaser, die Raumvorstellung aus jener verschiedener Fasern erklärt, wobei eben die Empfindungen verschiedener Fasern gleichzeitig auftreten. Der extreme Empirismus dieser Theorien bildete sich vor allem im Gegensatz zu der unter Physiologen in hohem Ansehen stehenden Kantschen Lehre von den Anschauungsformen aus, die in ihrer Anwendung auf die Wahrnehmungsprobleme zu einem nicht minder radikalen Nativismus führte. Gegen das Hauptargument dieses Empirismus ist die Beobachtung ins Feld geführt worden, daß die Gleichzeitigkeit entgegengesetzter Vorstellungen zu ihrer Unterscheidung nicht hinreiche. Sie findet sich wohl zuerst bei Condillac; er besprach sie am Beispiel zweier Geruchsempfindungen[3]) und dann an jener klassischen Stelle, wo er die Resonanzhypothese antizipiert[4]), am Beispiel zweier Tonempfindungen. Besonders eindringlich hat Volk-

[1]) Lehrbuch der Psychologie als Naturwissenschaft, 1849, S. 172.
[2]) Die fünf Sinne des Menschen, 1870, S. 41.
[3]) Traité des sensations, 1754, I, 2, § 42.
[4]) a. a. O., I, 8, § 4.

mann[1]) auseinandergesetzt, daß weder die Gleichzeitigkeit zweier Empfindungen zur Vorstellung räumlicher Beziehungen nötige, noch die positive Unterscheidung zweier gleichzeitiger und entgegengesetzter Empfindungen ohne den Besitz räumlich auseinandertretender Beziehungspunkte möglich sei. Wenn das erste zuträfe, dann müßten auch zwei gleichzeitige Töne nebeneinander vorgestellt werden, ferner müßten Hunger, Durst und Schläfrigkeit in eine Raumreihe zusammentreten, wenn sie gleichzeitig empfunden würden. Hier ist sichtlich auch ein Ansatz für die Frage nach dem Verhalten gleichzeitiger disparater Reize.

Auch in den Versuchen, die Art und Weise anzugeben, wie die an disparaten Empfindungen gebildeten Raumvorstellungen sich zur Vorstellung eines einzigen Raumes vereinigen, zu denen jede empiristische Theorie genötigt ist, hat die Gleichzeitigkeit der disparaten Empfindungen eine Rolle gespielt. Berkeley[2]) erklärt den Schein der Identität des Gesichtsraumes und des Tastraumes aus der durchgängigen Analogie und der beständigen Assoziation beider Ideen. Diese Auffassung wird ihm dadurch nahe gelegt, daß er von vornherein die optischen Lokalisationen auf die des Tastsinns zurückführt. Das Kind lernt etwa zunächst die Bewegungen seiner eigenen Hände und Finger unterscheiden; gleichzeitig mit der Bewegung findet aber im Auge ein Gesichtseindruck statt. Auf diese Weise werden fortan Vorstellungen des Tastsinnes und des Gesichtssinnes miteinander verbunden. In der näheren Erklärung huldigt er allerdings der Reflexionspsychologie seiner Zeit. Denn wenn nun selbständig an derselben Netzhautstelle ein Eindruck entsteht, so soll das Kind schließen, daß sich der Gegenstand eben da befindet, wo sich früher die Hand befunden hatte. Auch für das Problem der Vereinheitlichung disparater Vorstellungsräume kehrt der Gegensatz von Empirismus und Nativismus wieder. Dem letzteren neigt z. B. Stumpf[3]) zu, wenn er, an die Fragestellung Berkeleys anknüpfend, behauptet, daß die Einheitlichkeit des Tast- und Sehraumes eine uranfängliche Erkenntnis sei. Volkmann[4]) endlich gibt eine rein assoziative Theorie für

1) Lehrbuch der Psychologie, 1865, II, S. 63 ff.
2) Theory of Vision, § 48 ff., 102 ff., 121 ff.
3) Über den psychologischen Ursprung der Raumvorstellung, 1873.
4) Lehrbuch der Psychologie, II, S. 130 ff.

die Projektionen der einzelnen Sinne in einen gemeinsamen Raum, wobei sich der Gesichtssinn in seinen Projektionen auf den Tastsinn stützt.

Eine besonders hohe Bedeutung hat Th. Lipps der Gleichzeitigkeit disparater Eindrücke für die Lokalisation beigelegt. Er sah in dem zeitlichen Zusammentreffen disparater Eindrücke einen wichtigen Anlaß zur Bildung von Komplikationen [1]). Diese werden als räumliche Verbindung disparater Vorstellungsinhalte definiert und die Vereinigung des Tast- und Gesichtsraumes ist in der Hauptsache aus der Bildung solcher Komplikationen zu erklären. Auch die trügerischen Komplikationen, wie etwa die bekannte Projektion der Druckempfindung, die beim Berühren eines Gegenstandes mit einem Stock entsteht, an die Spitze dieses Stockes, sollen durch die Gleichzeitigkeit zwischen der Druckempfindung und dem optischen Eindruck entstehen. Später spricht Lipps von einem Gesetz der räumlichen Komplikation: Eindrücke verschiedener Sinnesgebiete, die gleichzeitig gegeben sind, haben die Tendenz, räumlich identifiziert zu werden [2]). In dem Zusammenhange, in welchem dieses Gesetz auftritt, erklärt Lipps damit zunächst die unmittelbare Einordnung der Temperatur-, Geschmacks- und Geruchsempfindung in den Tastraum, und sodann die Vereinigung des Tastraumes mit dem Gesichtsraume. Die Bedeutung des Gesetzes ist in beiden Fällen verschieden; im ersten handelt es sich darum, die Einordnung von Empfindungen, denen von Hause aus keine räumlichen Qualitäten zukommen, in den Tastraum verständlich zu machen, im zweiten dagegen soll die Zuordnung zweier Raumsysteme erklärt werden. Die Lokalisation der zur ersten Gruppe gehörigen Empfindungen ist schon häufig aus ähnlichen Überlegungen abgeleitet worden. So hat Volkmann [3]) bei der Erklärung der Lokalisation von Organempfindungen auf das Prinzip der Gleichzeitigkeit hingewiesen. Ebenso ist es wohl allgemein zugestanden, daß eine Lokalisation von Geruchsempfindungen nur dann zu Stande kommt, wenn sie von selbständig lokalisierten Eindrücken, von Tasteindrücken etwa, in der Regel aus der Empfindungssphäre des Trigeminus, oder von Geschmacks-

[1]) Grundtatsachen des Seelenlebens, 1883, S. 579 ff.
[2]) Leitfaden der Psychologie, 1906, S. 91.
[3]) Lehrbuch der Psychologie, 1885, II, S. 120 f.

eindrücken begleitet sind [1]). Dies besagt aber unter dem Gesichtspunkt eines Gesetzes der räumlichen Komplikation nichts anderes, als daß eine zunächst unräumliche Empfindung an den Ort einer gleichzeitigen Empfindung aus der Sphäre des Tastsinnes verlegt wird. Dieses Gesetz der räumlichen Komplikation ordnet sich in der Lippsschen Psychologie einer noch allgemeineren Tatsache unter, nämlich der Tatsache der Mitapperzeption. Indem Erlebnisse infolge der Mitapperzeption auf Gegenstände bezogen werden, von denen sie nicht gefordert sind, stellt sich diese Beziehungsverschiebung als eine Urteilsverschiebung dar. Eine solche Urteilsverschiebung liegt auch bei der Übertragung von Räumlichkeitsprädikaten vor [2]). »Indem ich etwa einen Ton apperzipiere, apperzipiere ich zugleich das sichtbare Objekt mit, dessen Vorstellung mit der Wahrnehmung oder Vorstellung des Tones zu einer erfahrungsgemäßen Einheit verbunden ist. Dieses sichtbare Objekt nun fordert, daß ich ihm einen Ort im Raume denkend zuweise. Hier aber geschieht es durch jene Urteilsverschiebung, daß diese Ortsbedingung für mein Bewußtsein dem Tone sich anheftet. In analoger Weise meine ich, daß auch meinen Gefühlen oder Willensakten, schließlich dem Ich überhaupt, dem eigenen und dem fremden, also wiederum an sich absolut unräumlichem, ein Ort im Raume zukomme. Was ich in der Betrachtung solcher Gegenstände mitapperzipiere, ist der Körper bez. sind gewisse mitgedachte körperliche Zuständlichkeiten, z. B. bei den Willensakten gewisse Spannungen in den Muskeln«. An einer späteren Stelle legt Lipps das Hauptgewicht auf die Einheitlichkeit des Apperzeptionsaktes [3]): »Weil das Hören des Tones und das Vorstellen des Sichtbaren in einem ungeteilten Akte geschieht, darum scheint mir nun auch dieser Ton den Ort des Sichtbaren zu haben«. Bei dieser Einheitlichkeit des Apperzeptionsaktes ist besonders an inhaltliche Verknüpfungen gedacht; hier wird also das rein formale Prinzip der Gleichzeitigkeit doch durch bestimmte inhaltliche Verbindungen ergänzt. Diese Vorgänge der Mitapperzeption sprechen ganz allgemein Gebilden, die unräumlicher Natur sind, eine räumliche Qualität zu. Wenn ein Geruch auf Grund der begleitenden Tastempfin-

1) W. Nagel, Handbuch der Physiol., 1905, S. 617.
2) Leitfaden der Psychologie, 1906, S. 222.
3) Psychol. Untersuch., I, 4, 1907, Zur Frage der Realität des Raumes, S. 626.

dungen lokalisiert wird, so widerspricht die räumliche Qualität nicht der Natur des Geruches. Wir könnten uns denken, daß sich auch an einen Geruch irgend welche Lokalzeichen hefteten, die ihn in primärer Weise zu lokalisieren gestatteten. Wir erhalten so unter dem allgemeinen Gesichtspunkte der Mitapperzeption schließlich drei Gruppen von Lokalisationsvorgängen: 1. Lokalisierung von unräumlichen Gebilden (Gefühle), 2. Lokalisierung von Geruchs-, Geschmacks- und Gemeinempfindungen, 3. Aufeinanderbeziehung disparater, aber für sich lokalisierter Sinneseindrücke (z. B. Licht und Druck). Nur mit dieser letzten Art von Lokalisationen haben wir es hier zu tun. Denn jene übertragene Art der Lokalisation, wie des Ich, der Gefühle, scheidet als Gegenstand von Experimenten von selbst aus. Da ferner die zu zweit genannten unräumlichen Empfindungen ohne begleitende Tastempfindungen kaum jemals in der Erfahrung vorkommen, kann über die Gültigkeit eines allgemeinen Gesetzes hier weder die Erfahrung noch das Experiment entscheiden. Anders indessen im dritten Falle: Hier hat die Erfahrung zahlreiche und innige Verknüpfungen zwischen dem Orte von Gesichts- und Tasteindrücken oder Gesichts- und Gehörseindrücken hergestellt. Es steht nun in unserer Hand auf Grund der Gleichzeitigkeit künstliche Zuordnungen, die von der Erfahrung abweichen, zu bilden. Wenn ein Gesetz der räumlichen Komplikation gilt, denn müssen jetzt Täuschungen auftreten.

Mit alledem geht die Theorie von Lipps über die Grenzen der assoziativen Theorie hinaus, deren Grundlinien zuerst von Wundt gezogen worden sind. Die räumliche Ordnung der Tasteindrücke ist bei Wundt ein Produkt assoziativer Vorgänge; bei dem Sehenden werden die Tasteindrücke mittels der jeder Hautstelle eigenen lokalen Färbung der Empfindungen in den Gesichtsraum eingetragen. Die Lokalisation erfolgt durch die unmittelbare Assoziation eines Gesichtsbildes mit dem Tasteindruck [1]). Mit welchem Gesichtseindruck sich aber ein auf Grund seiner Lokalzeichen von allen anderen unterscheidbarer Tasteindruck verbindet, darüber entscheidet diese Theorie noch nichts. Außerdem bestimmt der Gesichtssinn nur die allgemeine Beschaffenheit des Raumbildes und die Einordnung der

[1]) Phys. Psych. 5, II, S. 492 ff.

Tasteindrücke in dasselbe. Die Unterscheidung der letzteren ist aber ausschließlich an die spezifischen Funktionen des Tastsinnes selbst, also teils an die Abstufung der lokalen Empfindungsfärbung, teils an die Tastbewegungen gebunden [1]). Diese Bemerkung ist deswegen wichtig, weil sie die räumliche Unterscheidung zweier Tasteindrücke und deren Eintragung in den Gesichtsraum als zwei besondere Tatsachen hinstellt. Von dieser theoretischen Anschauung ist etwa bei der Frage Gebrauch zu machen, wie sich die Präzision der Einordnung zu der einfachen Unterscheidung verhält, eine Frage, an die später auf Grund der Versuchsergebnisse anzuknüpfen sein wird. Bei der gewöhnlichen Assoziation zwischen Gesichts- und Tasteindrücken sind vermutlich kausale Verknüpfungen im Spiele. Ich verbinde einen Druck etwa mit dem Stabe, welcher den Reiz ausübt, weil erfahrungsgemäß bei Berührungen mit einem festen Körper ein Druck gespürt wird. Man könnte vielleicht diese Frage insofern für erledigt ansehen, als die Vorstellung desselben Dinges, welches sowohl gesehen als getastet werde, ohne weiteres die räumliche Beziehung zwischen den Gesichts- und den Tasteindrücken herstelle. Hiergegen ist zu bemerken, daß der Dingbegriff bereits die räumliche Aufeinanderbeziehung disparater Eigenschaften voraussetzt. Ohne Zweifel ist die räumliche Identifizierung disparater Eindrücke der primäre und allgemeinere Vorgang. Ich kann einen Licht- und einen Tastreiz an dieselbe Stelle der äußeren Haut verlegen, ohne zu der Annahme gezwungen zu sein, daß diese beiden Qualitäten fortan in derjenigen Weise verknüpft sind, wie es die beharrenden Eigenschaften eines Dinges zu tun pflegen; aber ich kann nicht umgekehrt zwei disparate Eigenschaften eines Dinges erleben, ohne an eine bestimmte räumliche Verknüpfung gebunden zu sein. Bei der Bildung des Dingbegriffes leitet uns vielmehr die Voraussetzung, daß Wahrnehmungen, die in ihrer zeitlichen und räumlichen Ordnung miteinander verbunden sind, auch inhaltlich miteinander etwas zu tun haben [2]). In der Regel werden die beiden disparaten Reize, die in einer solchen inhaltlichen Beziehung stehen, auch gleichzeitig stattfinden. Es trifft demnach hier auch das Kriterium von Lipps zu.

[1]) a. a. O., S. 494.

[2]) Vgl. zu dieser Frage: Wundt, System der Philosophie [2], 1907, I, S. 153 ff.: Der Dingbegriff und seine logische Bearbeitung.

Aber es gibt Ausnahmen. Wenn ich aus der Ferne ein Gewehr aufblitzen sehe und danach erst den Schall höre, habe ich gleichwohl eine deutliche Vorstellung von dem Schallort; hier geschieht also die Eintragung des Schalles in den Gesichtsraum nur auf Grund einer kausalen Verknüpfung, nicht auf Grund der Gleichzeitigkeit. Für unsere Frage ergibt sich somit ein gewisser Spielraum daraus, daß auch disparate Eigenschaften, die sukzessiv in die Erscheinung treten, zu demselben Dinge gehören können. Es ist nicht unmöglich, sukzessive Eindrücke auf denselben Gegenstand zu beziehen, und wenn wir einmal einen Einfluß der Gleichzeitigkeit auf die Lokalisation zulassen, müssen wir von vornherein auch der unmittelbaren Zeitfolge einen solchen Einfluß zuschreiben. Dazu kommt, daß es, abgesehen von gewissen Grenzfällen unmöglich ist, die Lokalisation eines Eindruckes, die wir nach einer Vergleichsmethode näher bestimmen wollen, völlig von dem Einflusse irgendwelcher gleichzeitiger oder vorangegangener Reize zu isolieren; insofern wird es stets die Aufgabe sein, die Lokalisation bei Gleichzeitigkeit mit der bei einer bestimmten Aufeinanderfolge der Reize zu vergleichen.

Gegenüber den Leistungen der kausalen Verknüpfung für die räumliche Vereinheitlichung tritt allerdings der etwaige Einfluß der Gleichzeitigkeit weit zurück. Wo kausale Verknüpfung und Gleichzeitigkeit zusammen gegeben sind, treten unter Umständen in der alltäglichen Erfahrung auffallende Fehllokalisationen ein. Ich führe folgendes an: In der Ecke eines Arbeitszimmers des hiesigen Instituts tönte eine zu anderen Versuchen verwendete elektromagnetische Stimmgabel g^1. In der Mitte des Zimmers wurde an einem Appunschen Tonmesser hantiert, der auch den Ton g^1 enthielt. Der Blasebalg hatte sich gerade entleert, als ein anderer Herr eintrat, und uns noch am Trittbrett des Blasebalges stehen sah. Hierbei glaubte er, nahe vor dem Apparat stehend, den Ton des Appunns doch mit voller Deutlichkeit aus diesem heraus zu hören. Auch die Täuschung des Bauchredners, der eine Puppe zum Sprechen bringt, gelingt nicht nur deshalb, weil wir gleichzeitig Worte hören und bestimmte Bewegungen sehen, sondern vor allem, weil die Bewegungen der scheinbar sprechenden Puppe Sprechbewegungen sind, d. h. solche Bewegungen, die wir als Ursache von Sprachlauten kennen. Die Unterbrechung eines

elektrischen Stromes wird in der Regel von einem Funken und einem Geräusch begleitet. Wenn ein Unbefangener an einer Starkstromleitung, die durch Sicherungen geschützt ist, einen Kurzschluß hervorbringt, so verlegt er fast stets den Knall der durchbrennenden Sicherung an den Ort des Schließungsfunkens; in Wirklichkeit aber hat der Knall an einer ganz anderen Stelle stattgefunden. Die Überraschung mag hier die Täuschung begünstigen; bei den exakten Versuchen, in denen nach Möglichkeit jede inhaltliche Verknüpfung des Schalles mit dem Licht ausgeschaltet war, ergab sich auf Grund bloßer Gleichzeitigkeit nie eine auch nur annähernd so starke Täuschung.

Wenn nun die von Lipps bezeichnete Tendenz zur räumlichen Verschmelzung gleichzeitiger Reize tatsächlich besteht, dann ist sie ein Vorgang, der ohne erfahrungsmäßiger kausaler Verknüpfungen zu bedürfen, doch eine räumliche Beziehung zwischen disparaten Reizen herstellt, und kann daher dort, wo überhaupt kein Anlaß für die Bildung kausaler Verknüpfungen vorliegt, die tatsächlich bestehende Vereinheitlichung verständlich machen. Ist dies einmal zugegeben, dann ist aber auch das Experiment zu den weiteren Entscheidungen berufen. Im Experiment ahmen wir solche Bedingungen nach. Seine Eigentümlichkeit besteht hier darin, daß wir für diesen besonderen Zweck Eindrücke herstellen, die möglichst frei von dem Netz der Assoziationen sind. Unser gewöhnliches Leben bewegt sich in der Welt der Gegenstände; jeder Eindruck ist für uns nur Seite eines Gegenstandes. Das Experiment dagegen sucht mit reinen Eindrücken zu arbeiten. Der Lichtreiz, der momentan im Dunkeln auf den Beobachter einwirkt, soll nicht das Merkmal eines Gegenstandes sein, der auch noch andere Seiten hat, sondern nur ein Eindruck. Zwischen diesem Lichtpunkt und dem Ton sollen keine inhaltlichen Beziehungen geknüpft werden. Der Beobachter weiß, daß das Licht und der Ton als Gegenstände von einander absichtlich unabhängig gemacht worden sind. Zwar werden sich, auch wenn er sich möglichst nur dem reinen Eindruck hingibt, Assimilationen irgend welcher Art einstellen, aber diese sollen sich nicht zu einem bestimmten Zusammenhang zwischen dem akustischen und dem optischen Eindruck verdichten, der sie dann als Merkmale desselben Gegenstandes erscheinen ließe.

3. Experimentelle Vorarbeiten.

Die Lokalisation unter dem Einfluß gleichzeitiger Nebenreize ist bisher systematisch nur für Sinnesreize gleicher Qualität geprüft worden[1]). Die von Oppel in den 50er Jahren des verflossenen Jahrhunderts untersuchten geometrisch-optischen Täuschungen sind unter diesem Gesichtspunkte ein Spezialfall des allgemeinen Problems der Nebenreize. Die Frage, ob analoge Täuschungen auch auf dem Gebiete des Tastsinnes bestünden, ist erst gegen Ende der 90er Jahre aufgetaucht. Sie wurde teils nach der aktiven Methode behandelt, bei welcher der Beobachter die zu vergleichenden Strecken abtastet, teils nach der passiven, bei welcher die Begrenzung der zu vergleichenden Strecken durch Druckreize gegeben ist. Versuche dieser Art haben James und Parrish[2]) angestellt. Auch Robertson[3]) fand, daß im allgemeinen bei Tastversuchen den optischen Täuschungen analoge Erscheinungen auftreten. Diesen Ergebnissen widersprach auf Grund eigener Versuche Rieber[4]) vornehmlich in der Frage nach der Überschätzung der eingeteilten Strecke gegenüber der nicht eingeteilten. Bei den Versuchen nach der passiven Methode waren hier die Täuschungen durchaus denen des Gesichtssinnes analog. In weitem Umfange und zugleich in einfachster Form nahm endlich H. J. Pearce[5]) das Problem auf. Er wies nach, daß die Lokalisation von Tast-, Gesichts- und Gehörsreizen durch einen gleichartigen Nebenreiz im Sinne einer Anziehung beeinflußt wird. Später vervollständigte er die Ergebnisse und dehnte die Untersuchungen auch auf die Müller-Lyersche Figur beim Tastsinn aus, wobei ähnliche Täuschungen wie beim Gesichtssinn gefunden wurden[6]). In den theoretischen Folgerungen ging Pearce sehr weit; er glaubte

---

[1]) Vgl. C. Spearman, Fortschritte auf dem Gebiete der Psychophysik der räumlichen Vorstellungen, I: Tastsinn. Archiv f. d. ges. Psychologie, VIII, 1906. Literaturber. S. 1 ff., besonders S. 46 ff.: Geometrisch-taktile Täuschungen, wonach auch im folgenden einiges zitiert ist.

[2]) Amer. Journ. of Psych., 1893, Bd. 6, S. 514.

[3]) Geometrical-optical Illusion in Touch. Psych. Rev., 1902, Bd. IX, S. 549 ff.

[4]) Tactual illusions, Psych. Rev., Monogr. Suppl. 1903, Bd. IV, S. 321 ff.

[5]) Experimental Observations upon Normal Motor Suggestibility. Psych. Rev., 1902, Bd. IX, S. 329 ff.

[6]) Über den Einfluß von Nebenreizen auf die Raumwahrnehmung, Arch. f. d. ges. Psych., 1903, Bd. I, S. 31 ff.

es mit einem allgemein gültigen Law of Attraction zu tun zu haben[1]), sofern der gegenseitige Einfluß f zweier Empfindungen durch eine Gleichung $f = \frac{m \cdot m'}{D^2}$ bestimmt werde, in welcher m die Intensität oder das Empfindungsmaß der einen Empfindung, m' das der andern und D ihr Abstand ist. Kritik hieran hat bereits Benussi[2]) geübt. Auch einige Beobachtungen, die A. Brückner[3]) mitteilte, gehören hierher. Er fand eine mittlere Lokalisation zweier noch nicht getrennter Tastreize, ferner eine Anziehung eines Tastreizes bei simultaner Darbietung eines zweiten in unterschwelliger Distanz.

Eine Zwischenstufe zwischen Versuchen mit homogenen und solchen mit disparaten Nebenreizen wird durch eine Kombination von Reizen gebildet, deren Empfindungen zwar homogen sind, aber doch, falls sie auf dieselbe Stelle des Raumes fallen, sich nicht vereinheitlichen, sondern sich gegeneinander behaupten. Ich denke an einige ältere Beobachtungen von Czermak und Klug, welche die Raumschwelle zwischen einer Wärme- und einer Kälteempfindung bestimmten; wenn die räumliche Trennung nicht mehr möglich war, empfand der Beobachter Wärme und Kälte an derselben Stelle, was ihn in eine schwer zu schildernde Verwirrung versetzte[4]).

Über die Lokalisation bei disparaten Nebenreizen finden sich einige Angaben in einer älteren Arbeit von V. Urbantschitsch[5]), die sich mit verschiedenartigen Relationen zwischen Sinneserregungen beschäftigt. Urbantschitsch beschreibt u. a. Verschiebungen des subjektiven Hörfeldes eines in die Medianebene verlegten Doppelschalls bei gleichzeitigen Farbeneindrücken je nach dem Farbenton. Hier ist es also die Qualität, nicht der Ort des Nebenreizes, welcher induzierend wirkt, und der Vorgang ist sicherlich noch viel komplizierter.

Wenn nach dem Vorgange von Th. Lipps die räumlichen Beziehungen, die sich zwischen gleichzeitig einwirkenden Reizen ver-

---

1) Psych. Rev., Bd. XI, S. 143.

2) Ztschr. f. Psych., Bd. 42, S. 42.

3) Ztschr. f. Psych., Bd. 26, S. 33 ff.

4) Zitiert nach: Thunberg, Physiologie der Druck-Temperatur und Schmerzempfindungen, in Nagel, Handbuch d. Physiologie, III, S. 728.

5) Über den Einfluß einer Sinneserregung auf die übrigen Sinnesempfindungen. Pflügers Archiv, Bd. 42, S. 154 ff.

schiedener Sinnesgebiete herstellen, als räumliche Komplikation bezeichnet werden, so liegt die Analogie zu der zeitlichen Komplikation nahe genug. Die Frage, ob die räumlichen Beziehungen zweier Reize durch die Gleichzeitigkeit beeinflußt werden, legt die umgekehrte Frage nahe, ob auch das Urteil über die Gleichzeitigkeit zweier Reize von deren Verteilung im Raume abhängig sei. Bei gleichartigen Reizen fand Exner[1]) auf optischem Gebiete eine Zunahme der Zeitschwelle mit wachsender Distanz der beiden Reize, auf akustischem Gebiete eine Veränderung im gleichen Sinne, wenn der eine Reiz nur das linke, der andere nur das rechte Ohr traf. Diese Beobachtung erklärt sich uns daraus, daß die Zeitschwelle eine bestimmte Präzision der Auffassung mißt, und daß diese Präzision durch die räumliche Disparation der Reize gemindert wird. Sie ist aber doch eine besondere Tatsache, und hat vor allem Bedeutung für den Versuch einer rein formalen Umkehrung erfahrungsmäßiger Zuordnungen, die uns durch das naturwissenschaftliche Denken geläufig ist. Wenn die Beobachtung gemacht worden ist, daß Zuführung von Wärme ein Gas ausdehnt, so erscheint es uns natürlich, daß umgekehrt bei Zusammendrückung sich seine Temperatur erhöht, oder wenn ein elektrischer Strom die magnetische Nadel ablenkt, so hegen wir die Vermutung, daß unter sonst gleichen Bedingungen auch die primäre Verschiebung eines Magneten in einem benachbarten Leiter elektrische Erscheinungen hervorruft. Eine solche Umkehrung ist für viele physikalische Fragen nützlich. Eine Übertragung dieses Verfahrens auf unser psychologisches Problem würde zu der Frage führen: Wenn durch Gleichzeitigkeit zweier Reize eine gewisse räumliche Distanz unmerklich gemacht werden kann, wird dann auch umgekehrt durch das räumliche Zusammenfallen der Reize eine gewisse Zeitstrecke, die zwischen ihnen liegt, unmerklich gemacht? M. a. W.: wenn Gleichzeitigkeit die Raumschwelle erhöht, erhöht dann auch räumliche Identität die Zeitschwelle? Als Beispiel dafür, daß eine solche Umkehrung auf manchen Gebieten der Vorstellungsbildung möglich ist, führe ich die elementare Reihe der rhythmischen Verwandtschaften nach E. Meumann an. Meumann fand bei der Untersuchung eines

[1]) Pflügers Archiv, Bd. 11, S. 431 ff.

daktylischen Rhythmus, daß Verstärkung des ersten von 3 Schlägen, Verlängerung des ersten Intervalls, qualitative Differenzierung und räumliche Verschiedenheit zwischen dem ersten und den beiden letzten Schlägen den daktylischen Rhythmus hervorbringt, genau so wie es durch bloß subjektive Betonung des ersten Schlages möglich ist. Es besteht eine elementare Verwandtschaft des rhythmischen Eindrucks, wenn ein Wechsel der Empfindungsverschiedenheiten jeweils analoge Verhältnisse der Gleichheit und Ungleichheit einhält[1]). In diesem Falle können wir also beobachten, daß objektive Betonung das Intervall scheinbar verlängert und nun auch umgekehrt objektive Verlängerung des Intervalls scheinbar die Betonung ändert. Mit der Möglichkeit einer solchen Umkehrung ist überall zu rechnen, wo es sich um quantitativ variierbare Komplexe von Merkmalen handelt. Aber sie kann nur als ein heuristisches Prinzip zugelassen werden, und entscheidet über das wirkliche Verhalten eines Beobachters noch gar nichts. Wollte man die in der elementaren rhythmischen Verwandtschaft zum Ausdruck kommende Beziehung verallgemeinern, und auf die räumlichen und zeitlichen Komplikationen übertragen, so wäre die oben formulierte Frage zu bejahen. Die bisherigen Erfahrungen, die sich allerdings nur auf homogene Reize beziehen, scheinen sie indessen zu verneinen. Wir stehen hier wieder vor der Grundtatsache, daß psychische Vorgänge einander entweder assimilativ beeinflussen, oder miteinander in Kontrast treten. Wir können den Kontrast als den Widerstand auffassen, den ein Merkmal gegen die Assimilationstendenz leistet. In der Reihe der elementaren rhythmischen Verwandtschaften herrschen die Assimilationen. Hier indessen müßten wir uns vorstellen, daß die zeitliche Differenz zweier räumlich naheliegender Reize in eine Art Kontrast tritt zu der Erwartung, sie gleichzeitig wahrzunehmen. Diese Verhältnisse bedürfen indessen alle noch der theoretischen und experimentellen Klärung.

Die experimentelle Prüfung der Lokalisation bei disparaten Nebenreizen kann sich auf alle Kombinationen der drei Sinnesgebiete beziehen, deren Eindrücke genügend sicher lokalisiert werden: Licht, Druck und Schall. Völlig symmetrisch lassen sich freilich nicht alle Fragen durchführen; Richtungs- und Entfernungsvorstellung

---

[1]) Phil. Stud., Bd. IX, S. 306.

trennen sich beim Schall von selbst, während ihr Unterschied für Druckreize belanglos ist. Wenn man auf einen Gegensatz zurückgreift, der in den älteren Raumtheorien eine Rolle spielte, auf den der Projektion und Lokalisation, wären außerdem noch in dieser Hinsicht die einzelnen Sinnesgebiete ungleichwertig. Von Gesichts- und Gehörsempfindungen würden sich dann die Druckempfindungen dadurch unterscheiden, daß sie in der Regel auf Stellen der äußeren Haut bezogen werden und nur gelegentlich eigentliche Projektionen vorkommen, wie beim Betasten mit einem Instrument. Die ältere Psychologie entschied sich mit Vorliebe dafür, daß die niederen Sinne nur lokalisieren, die höheren projizieren und fügte den Satz hinzu, daß in derjenigen Richtung projiziert werde, in welcher die Erregung an das Organ herantrete[1]). Obgleich dieser Gegensatz psychologisch längst nicht mehr haltbar ist, empfahl es sich doch, aus dem Gebiete des Tastsinnes nur Druckempfindungen bei passivem Verhalten des Tastorganes zu wählen, bei dem solche vieldeutigen, sekundären Lokalisationen, wie beim Abtasten, ausgeschlossen sind. Andere der durch die äußere Haut vermittelten Empfindungsqualitäten, wie etwa Wärmeempfindungen, zur Untersuchung heranzuziehen, erschien nicht aussichtsreich, da die normale Lokalisation dieser Empfindungen bisher so wenig experimentell geklärt ist. Über die Simultanschwelle bei Reizung distinkter Temperaturpunkte liegen Angaben von Goldscheider[2]) vor, denen gemäß unter Umständen bereits zwei benachbarte Temperaturpunkte unter merklicher Überschätzung der dazwischen liegenden Distanz räumlich getrennt werden. Dies weicht von den sonstigen Erfahrungen über die Simultanschwelle ab, und weist jedenfalls auf besondere Anomalien in der Lokalisation dieser Empfindungen hin. Auch eine von Spearman[3]) mitgeteilte Täuschung ist sehr merkwürdig: Zuweilen erzeugte ein einziger Tastreiz sowohl Kälte-, als auch Schmerzempfindung, und zwar an verschiedenen Orten; die Differenz betrug ungefähr 3 cm. Hier liegt also eine Täuschung gerade im entgegengesetzten Sinne vor, als ich sie erwartete, und auch auf vielen Gebieten bestätigt fand. Gleichzeitige, nicht homogene Empfindungen werden in diesem Spear-

[1]) Vgl. Volkmann, Lehrb. d. Psychol., 1885, II, S. 134.
[2]) Ges. Abhdl. 1, S. 179.
[3]) Diese Studien I, 1905, S. 421.

manschen Falle, trotz räumlicher Identität der Reizwirkungen, dispariert. Eine solche Ausnahme läßt wiederum interessante Lokalisationsprobleme vermuten; sie rät aber davon ab, schon jetzt solche Empfindungen, an deren Lokalisation uns noch so vieles dunkel ist, zur Prüfung einer allgemeinen psychologischen Gesetzmäßigkeit zu verwenden. Am leichtesten war die Kombination Licht-Schall zu behandeln. Deshalb wurden hier verschiedene einzelne Fragen angeknüpft und erst dann der Versuch unternommen, einzelne Fragestellungen bei allen drei Kombinationen in quantitativ vergleichbarer Weise durchzuführen.

Als Mitarbeiter haben mich bei diesen Versuchen, die im Laufe des Jahres 1908 ausgeführt wurden, die Herren Dr. Arps, Dr. Freemann, Dr. Mac Eachran, Ristitsch und Seeberger unterstützt. Ihnen allen bin ich zu Dank verpflichtet, am meisten aber Herrn Dr. Arps, von dem nicht nur die größte Zahl von Versuchen herrührt, sondern der auch als Experimentator die Versuche mit den Beobachtern M. und R. anstellte, und mir bei der Sichtung des Materials half.

II. Räumliche Komplikation von Licht und Schall.

1. Beeinflussung der Lokalisation eines Schallreizes durch einen gleichzeitigen Lichtreiz.

a) Scheinbare Abweichung von der Sagittalebene.

Da die Auffassung der Schallrichtung und der Schallentfernung mit sehr verschiedenartiger Präzision geschieht, so empfahl es sich, diese beiden Variationsrichtungen getrennt zu behandeln. Auch für die Eindeutigkeit der Versuche war es günstig, wenn die Variationsrichtungen, die der Beobachter in jedem einzelnen Falle zu erwarten hatte, möglichst eingeschränkt waren. Deshalb bestanden die Veränderungen der Schallrichtung stets in einer Abweichung aus der Sagittalebene. Dabei bewegte sich der Ton immer in der in Augenhöhe liegenden horizontalen Ebene, da nach den bisherigen Versuchen die Richtungsschwelle unter diesen Bedingungen am feinsten wird[1]). Der ersten Gruppe von Versuchen lag die folgende mög-

[1]) Vgl. z. B. D. Starch, The Psych. Rev., Perimetry of the Lokalization of Sound. Vol. VI, Nr. 6, April 1905.

lichst einfache und zugleich eindeutige Frage zugrunde: Wohin wird ein Schallreiz, der unter Ausschluß von Gesichtseindrücken in eine bestimmte Richtung lokalisiert wird, dann verlegt, wenn gleichzeitig mit ihm an einer anderen Stelle des Raumes ein Lichtreiz einwirkt? Die Richtung eines Schalleindruckes kann am leichtesten auf die Sagittalebene bezogen werden. Ob ein Schall rechts oder links von der Sagittalebene liegt oder in ihr selbst, darüber sind wir mit großer Sicherheit zu urteilen imstande. Lassen wir nun gleichzeitig mit dem Schall einen Lichtreiz einwirken, dann kommt in der Änderung, die die Urteile über die Lage des Schalls zur Medianebene erfahren, der Einfluß dieses Lichtreizes zum Ausdruck. Es läßt sich eine scheinbare Medianebene unter Einwirkung des gleichzeitigen Lichtreizes bestimmen; ihre Abweichung von der Sagittalebene ist ein Maß für die induzierende Wirkung des Lichtreizes. Der Widerstand, den eine etwaige Täuschungstendenz des induzierenden Reizes zu überwinden hat, ist hier der größtmögliche. Denn keine Veränderung des Ortes einer Schallquelle wird mit der gleichen Sicherheit aufgefaßt, wie ihre Entfernung aus der Sagittalebene; da aber für die Festigkeit einer Lokalisation die Schwelle für Ortsveränderungen ein reziprokes Maß ist, so ist eben die Festigkeit, mit der ein Schall seine Richtung im Raume behauptet, in der Sagittalebene am größten.

Der Schallreiz wurde in der früher besprochenen Weise durch ein Telephon hervorgebracht[1]), welches den Ton einer Stimmgabel von 384 Schwingungen wiedergab. Der Lichtreiz wurde durch ein Relais gegeben, welches bei Stromschluß zwischen zwei Zinkspitzen einen Strom von 110 Volt Spannung unterbrach. Die ganze Vorrichtung befand sich in einer licht- und schalldichten Hülse, die gegen den Beobachter durch eine Mattglasscheibe von 1 cm Durchmesser abgeschlossen war. Der Unterbrechungsfunke zwischen den beiden Zinkspitzen ließ die Mattglasscheibe in dem völlig dunklen Zimmer hinreichend aufleuchten. Durch einen Doppeltaster wurden das Telephon und das Funkenrelais gleichzeitig ein- und ausgeschaltet. Beide Apparate ließen sich auf dem von Wundt beschriebenen Perimeter[2]) verschieben, dessen drehbarer Arm für diese Versuche wagerecht eingestellt war. Der Lichtreiz hatte bei diesen Versuchen eine viel kürzere Dauer als der Ton. Den letzteren etwa tachistophonisch darzubieten, empfahl sich nicht wegen der dann eintretenden großen Unsicherheit in der Lokalisation. Ich nahm diese

[1]) Diese Studien IV, 1908, S. 292 ff.

[2]) Phys. Psych. 5, II, S. 183 f.

verschiedene Dauer der beiden Reize in Kauf, da ich vermutete, es würde die nur momentane Darbietung des Lichtes die Täuschung steigern. Indessen zeigte sich später, daß auch dem Lichtreize, unbeschadet der Täuschungswirkung, die gleiche Dauer wie dem Ton gegeben werden konnte. Kurz vor jedem Versuche wurde dem Beobachter der in der Sagittalebene liegende Fixationspunkt gezeigt, dann wirkten beide Reize ein, und er gab sein Urteil über die Lage des Tones zur Medianebene ab. Der Beobachter hatte die Aufgabe, die vor dem Versuche eingenommene Kopfhaltung beim Auftreten des Doppelreizes möglichst nicht zu ändern. Immerhin war der Zwang zur Fixation des im Dunkeln auftauchenden Lichtzeizes so groß, daß trotz jener Verabredung eine starke Tendenz zu Kopfbewegungen gegeben war. Wenn solche Bewegungen wirklich ausgeführt ausgegeben wurden, dann verschob sich bereits die Sagittalebene selbst nach dem Lichtreize hin, und die in den Messungen zum Ausdruck kommende scheinbare Abweichung wäre um den Betrag dieser Verschiebung zu klein. Ich habe indessen solche Bewegungen nicht beobachten können.

In der folgenden Tabelle I, die als Beispiel die an zwei Beobachtern gewonnenen Urteile vollständig mitteilt, sind die Stellungen links der Sagittalebene in Graden als negativ, die rechts von ihr als positiv bezeichnet; in der gleichen Weise sind dann die zugehörigen Urteile notiert.

Tabelle I.

Stelle des Schallreizes	Beob. M. Lichtreiz: + 10°			Beob. M. Lichtreiz — 10°			Beob. R. Lichtreiz + 10°			Beob. R. Lichtreiz — 10°		
	<	=	>	<	=	>	<	=	>	<	=	>
— 5	50	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—
— 4	36	14	—	—	—	—	37	11	2	—	—	—
— 3	26	19	5	50	—	—	18	26	6	—	—	—
— 2	5	30	15	48	2	—	4	20	26	—	—	—
— 1	—	7	43	46	4	—	—	15	35	50	—	—
0	—	16	34	26	21	3	1	4	45	34	14	2
+ 1	—	—	50	21	27	2	—	—	50	44	6	—
+ 2	—	—	—	19	25	6	—	—	—	28	22	—
+ 3	—	—	—	16	24	10	—	—	—	21	21	8
+ 4	—	—	—	3	21	26	—	—	—	6	24	20
+ 5	—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	50

Aus diesen Versuchsreihen läßt sich der scheinbare Ort des Schallreizes und die subjektive Festigkeit, mit der er diesen Ort behauptet, berechnen; d. h. der Schätzungswert und die Raumschwelle. Über die Verfahren, die hier einzuschlagen sind, herrscht keine Einstimmigkeit. Vor allem ist es der bemerkenswerte Unterschied

zwischen den Gleichheits- und Verschiedenheitsurteilen gewesen, der je nach der Übereinkunft, die man zwischen ihnen traf, verschiedene Berechnungsweisen nach sich gezogen hat. Der Unterschied zwischen diesen beiden Urteilsklassen ist ein ganz anderer, als etwa der zwischen den verschiedenen Graden des Verschiedenheitsurteils. Die Reduktion der verschiedenen Urteilsausdrücke, die überhaupt möglich sind, auf diese drei Klassen der kleiner- (*k*) gleich- (*u*) und größer- (*g*) Urteile ist deswegen möglich, weil Steigerungen des kleiner- und größer-Urteils, die als deutlich größer oder kleiner ausgesprochen werden, bei einem geübten Beobachter häufig ein hinreichend konstantes Verhältnis zu den einfachen Verschiedenheitsurteilen innehalten. Man könnte hier an die Schätzungen kleiner Helligkeitsunterschiede nach Stufen erinnern, auf welche die Astronomen in Ermangelung photometrischer Methoden angewiesen waren. Die Stufe 1 entspricht der ebenmerklichen Differenz, Stufe 2 ist der deutliche, Stufe 3 der beim ersten Hinsehen erkennbare Unterschied[1]). Wenn nun die photometrische Bestimmung der Stufe 3 einen dreimal so großen Helligkeitsunterschied wie Stufe 1 ergibt, so haben die Sicherheitsgrade hinreichend genau der objektiven Abstufung entsprochen. Die Berechnung eines Schätzungswertes aus den einfachen Verschiedenheitsurteilen würde bei einem solchen Beobachter zu demselben Wert führen, wie die Berechnung nach dem gleichen Verfahren aus den verstärkten Verschiedenheitsurteilen. Während sich unter diesem Gesichtspunkt die verschiedenen Grade des Verschiedenheitsurteils auf das einfache Verschiedenheitsurteil reduzieren lassen, ist der Unterschied zwischen diesem und dem Gleichheitsurteil fundamental. Die Vieldeutigkeiten in der Ableitung des Schätzungswertes entstehen nun gerade dadurch, daß zu den Verschiedenheitsurteilen die besondere Klasse der Gleichheitsurteile hinzutritt.

Im folgenden soll bloß die unmittelbare Behandlung der Resultate ohne Verwendung von Formeln besprochen werden. Es läßt sich zunächst ein Gedankengang durchführen, welcher den Schätzungswert ohne Berücksichtigung der Schwelle definiert. Es sei etwa von drei Vergleichsreizen V_1 V_2 V_3, die sich um gleiche D's unterscheiden,

---

[1]) Vgl. J. Plaßmann, Beziehungen zwischen der Astronomie und Psychologie in Bericht über den III. Kongreß f. exper. Psych. 1908, S. 199 ff.

V_1 stets als kleiner, V_2 stets als gleich, V_3 stets als größer beurteilt worden, dann ist ohne Zweifel V_2 der Schätzungswert. In einem anderen Falle sei V_1 stets als kleiner, V_2 ebenso häufig als kleiner wie größer und V_3 stets als größer beurteilt worden; auch in diesem Falle ist V_2 der Schätzungswert. Es ist für diesen Schätzungswert gleichgültig, ob ein Reiz zweimal als gleich oder je einmal als größer und kleiner beurteilt worden ist; daher werden die Gleichheitsurteile zu gleichen Teilen zu den zwei Arten der Verschiedenheitsurteile hinzugerechnet. Der Schätzungswert liegt dann bei derjenigen Reizgröße, die ebenso oft als größer, wie als kleiner beurteilt worden ist. Bei der Ausführung der Rechnung können aber die Gleichheitsurteile ganz außer Betracht bleiben, da es nur darauf ankommt, diejenige Stelle des Reizgebietes zu finden, wo die einander entgegengesetzten Verschiedenheitsurteile gleich häufig sind. Wenn für jedes D die gleiche Anzahl von Versuchen ausgeführt worden ist, ist also die Stelle aufzusuchen, an der $k = g$ wird. Die Halbierung der Gleichheitsfälle würde zu jeder Urteilsart nur den gleichen Betrag hinzufügen[1]. Diese Definition des Schätzungswertes bliebe auch dann erhalten, wenn die Schwelle unter alle Grenzen herabsänke; es ist für sie überhaupt gleichgültig, ob ein Gebiet von Gleichheitsfällen existiert.

Eine zweite Definition stützt sich umgekehrt gerade auf die Tatsache der Schwelle. Wenn es mir glückt, eine ebenmerkliche Abweichung nach oben und nach unten zu finden, dann kann ich den Schätzungswert als das Mittel dieser beiden Reizgrößen bestimmen. Ein solcher Ebenmerklichkeitspunkt läßt sich definieren als diejenige Größe des Vergleichsreizes, bei welcher der Reizunterschied ebenso häufig gemerkt wie nicht gemerkt wird. Für den Ebenmerklichkeitspunkt läßt sich eine derartige Definition deshalb so leicht geben, weil er einen von dem Normalreiz verschiedenen Vergleichsreiz bedeutet: die Gleichheitsurteile bilden hier zusammen mit den »falschen« Urteilen die Fälle, in denen der Reizunterschied nicht bemerkt wurde. Als Mittel des oberen und des unteren Ebenmerklichkeits-

---

[1] Diesen Schätzungswert hat auf Grund einer Diskussion der verschiedenen Berechnungsweisen in jüngster Zeit Geiger besonders empfohlen (Methodologische und experimentelle Beiträge zur Quantitätslehre, in Lipps, Psychologische Untersuchungen I, S. 418 ff.).

punktes ist der Schätzungswert eindeutig bestimmt. Dieses Verfahren bietet den großen Vorzug, daß sich meist durch einfache Interpolation die gesuchten Reizgrößen finden lassen und daß deren Definition eine große Anschaulichkeit hat; der Sinn dessen, was wir unter einer Ebenmerklichkeit verstehen, kommt in ihnen getreu zum Ausdruck. Andererseits scheint es aber doch gegen die Eigentümlichkeit, die die Verteilung der drei Urteilsarten k, u und g innerhalb eines Reizgebietes zeigen kann, nicht hinreichend empfindlich zu sein. In dem Begriff des Nichtmerkens liegt insofern eine Vieldeutigkeit, als er einfach ein schlichtes Nichtmerken oder eine falsche Auffassung bedeuten kann. An dem Ebenmerklichkeitspunkte können sich nämlich die Gleichheitsurteile und die entgegengesetzten Verschiedenheitsurteile in sehr verschiedenem Verhältnis in diejenige Hälfte aller Fälle teilen, in denen der Reizunterschied nicht bemerkt wurde. Offenbar ist aber dieses Verhältnis nicht gleichgültig für die Bewertung der Sicherheit, mit welcher dieser Reizunterschied aufgefaßt wird. Wenn sich die andere Hälfte bloß aus Gleichheitsurteilen zusammensetzte, wäre eine derartige Bestimmung eines oberen und unteren Schwellenwertes völlig eindeutig. Bei wirklichen Versuchen treten aber in der Regel dort, wo etwa $k = \frac{n}{2}$ geworden ist noch g-Fälle auf. Jeder dieser g-Fälle kompensiert aber gleichsam einen k-Fall. Denken wir uns, daß die Häufigkeit der u-Fälle immermehr abnehme, so rücken die Punkte, an denen k und $g = \frac{n}{2}$ sind, bei sonst normalem Verlauf der Urteilszahlen immer näher aneinander und schließen demnach den Schätzungswert immer enger ein, d. h. die Lage der Ebenmerklichkeitspunkte ist doch von der Anzahl und der Verteilung der u-Fälle sehr beträchtlich abhängig. Der Punkt $\frac{r}{n} = \frac{1}{2}$ kann demnach nur dann eindeutig als Schwelle angesehen werden, wenn die andere Hälfte aus u-Fällen besteht. Bestünde sie aus entgegengesetzten Urteilen, so wäre dieser Wert sogar der Schätzungswert. Bei einer Mischung dieser Hälfte aus verschiedenen Urteilsklassen rückt die Schwelle auf jeden Fall über $\frac{r}{n} = \frac{1}{2}$ hinauf; um wieviel bleibt aber unbestimmt. Wenn nun dieses Mischungsverhältnis für die beiden Stellen $k = \frac{n}{2}$ und $g = \frac{n}{2}$ ein ver-

schiedenes ist, verschiebt sich auch die wahre Lage des Schätzungswertes gegen das Mittel dieser beiden Reizgrößen.

Im Gegensatz zu diesen Betrachtungsweisen steht der Vorschlag lediglich aus den Gleichheitsfällen die Unterschiedsschwelle zu gewinnen. Wenn die *u*-Fälle mit den *k*- und *g*-Fällen kein Reizgebiet gemeinsam hätten, würde man die Unterschiedsschwelle dem von den *u*-Fällen eingenommenen Gebiete proportional setzen. Nur die zufälligen Fehlervorgänge sind es, welche ein Gebiet entstehen lassen, in dem sich die drei Urteilsarten mischen. Um sie zu eliminieren, wird ein sogenanntes Idealgebiet der *u*-Fälle konstruiert, welches nun das Maß für die Unterschiedsschwelle abgibt. Die Halbierung dieses Gebietes der *u*-Fälle führt dann ohne weiteres zu einem Schätzungswerte. Der Schätzungswert ist hier als diejenige Größe definiert, um welche die Gleichheitsurteile gleichmäßig gestreut sind; er ist in diesem Falle der Zentralwert der *u*-Fälle. Eine gewisse psychologische Bedeutung wird vielleicht auch das Dichtigkeitsmittel haben, d. h. diejenige Reizgröße, auf welche die Gleichheitsurteile am häufigsten entfallen. Insofern ist der Schätzungswert hier unmittelbar definiert; denken wir ihn uns einmal als Dichtigkeitsmittel bestimmt, so wäre er diejenige Reizgröße, welche der zu bestimmenden am häufigsten gleich erscheint. Das ist gewiß eine einleuchtende Festsetzung. Aber die nähere Betrachtung zeigt doch, daß eine solche direkte Definition des Schätzungswertes ein besonderes Zutrauen noch nicht beanspruchen kann. Man wird zwar nicht verlangen, eine Größe zu finden, welche einer gegebenen immer gleich erscheint. Dabei denke ich nicht an Erfahrungen des täglichen Lebens, sondern an die Urteilsweise, die ein geübter psychologischer Beobachter bei exakten Vergleichen anwendet. Immerhin aber wird man annehmen, daß die am häufigsten gleich erscheinende Größe wenigstens in der Mehrzahl der Fälle gleich erscheint. Prüfen wir diese Annahme etwa an dem reichen Versuchsmaterial Kellers, das bei der Vergleichung von Schallstärken gewonnen wurde[1]). Hier beträgt die durchschnittliche Häufigkeit der Gleichheitsurteile an derjenigen Stelle der Reizskala, wo sie das Maximum erreicht, nur 0.403 und liegt zwischen den Grenzen 0.08 und 0.88. Ich kann demnach

[1]) Diese Studien III, 1907, S. 81 ff.

im Durchschnitt nicht einmal erwarten, daß die am häufigsten gleiche Größe auch nur in der Hälfte aller Fälle gleich erscheint. Ein Vergleichsreiz aber, bei dem die Wahrscheinlichkeit dafür, daß er als gleich mit dem Normalreiz beurteilt wird, kleiner ist, als die Wahrscheinlichkeit für die Statuierung eines Unterschiedes, kann nur schwer bloß auf Grund dieser Gleichheitsurteile das Recht beanspruchen, ein Schätzungswert zu sein; sondern das Verhältnis, in welchem an der kritischen Stelle noch *k*-Urteile und *g*-Urteile auftreten, muß berücksichtigt werden. Ähnliches gilt für den als Zentralwert bestimmten Schätzungswert. Wenn man die Forderung stellt, daß sämtliche Urteile, die bei einem bestimmten Reizunterschied abgegeben worden sind, für die Bewertung der Sicherheit der Auffassung herangezogen werden müssen, leidet also die Berechnung eines Äquivalenzwertes aus den Gleichheitsurteilen an einer ähnlichen Unvollständigkeit, wie die Bestimmung desjenigen Punktes, an welchem *k* gleich *g* wird. Da sich aber der Schätzungswert aus dem Idealgebiete der *u*-Fälle ergeben hat, müssen sich gegen die Verwertung dieses Idealgebietes für Berechnung einer Schwelle ähnliche Bedenken erheben. Für die Sicherheit, mit welcher ein Reizunterschied *D* aufgefaßt wird, ist es gewiß nicht gleichgültig, ob bei diesem *D* außer einer gewissen Anzahl von Gleichheitsurteilen lauter Verschiedenheitsurteile der einen Art oder gleich viele beider Art vorkommen; im ersten Falle wäre ein bestimmter Sicherheitsgrad vorhanden, im zweiten Falle wäre die Sicherheit gleich null. In einer bloß nach den Gleichheitsfällen entworfenen Skala wäre aber die Sicherheit in beiden Fällen die gleiche.

Wie man sieht, stützt sich diese ganze Berechnungsweise darauf, daß die Unterscheidung zwischen der reinen Unterschiedsempfindlichkeit und den zufälligen Fehlervorgängen angenommen wird. Die Diskussion dieser Frage führt tief in die Theorie der Unterschiedsschwelle hinein; mag die Entscheidung hierüber in diesem oder in jenem Sinne ausfallen, so muß doch die Möglichkeit zugegeben werden, in erster Annäherung das Verhalten des Beobachters so zu charakterisieren, wie es auf Grund seiner Schwelle mitsamt der zufälligen Fehlervorgänge ist. Für die komplexe Leistung der Unterscheidung ist es gleichgültig, ob eine Unsicherheit aus der Schwelle oder aus den zufälligen Fehlervorgängen herrührt. Fassen wir beides

in dem Grade der Sicherheit zusammen, mit der ein Reizunterschied aufgefaßt wird, dann sind für diesen Sicherheitsgrad n Gleichheitsurteile äquivalent mit je $\frac{n}{2}$ k- und g-Urteilen. Es müssen demnach zu den Gleichheitsurteilen jeder Reizstufe die einander widersprechenden k- und g-Urteile hinzugenommen werden. Auf diese Weise erhalten wir ein Gebiet von Indifferenzurteilen und dieses läßt sich genau so behandeln, wie das der reinen Gleichheitsurteile. Der Schätzungswert wird dann diejenige Reizgröße sein, um welche sich das Gebiet der Indifferenzurteile gleichmäßig verteilt und der Ausdehnung dieses Gebietes ist die Schwelle proportional zu setzen.

Man könnte auch daran denken, die durch Interpolation gefundenen Stellen, an denen die Indifferenzurteile gleich $\frac{n}{2}$ werden, in derselben Weise wie die Ebenmerklichkeitspunkte zu verwenden. Indessen sind diese Werte wahrscheinlich leicht von Zufälligkeiten im Verlauf der Indifferenzurteile abhängig. Sollte es irgend wann notwendig werden, das Verhalten der Schwelle und der zufällig variablen Fehler getrennt zu untersuchen, dann würde allerdings eine solche Bildung und Verwertung der Indifferenzurteile nicht ausreichen. Für viele Zwecke aber wird es genügen, die Sicherheit der Beobachtung im allgemeinen anzugeben und den Äquivalenzwert als den Zentralwert der Indifferenzurteile zu bestimmen. Zur Veranschaulichung des Gesagten sind im folgenden die fünf Schätzungswerte A samt den zugehörigen Schwellen, die sich für jede Gruppe aus Tabelle I berechnen lassen, zusammengestellt. Die Halbierung der Gleichheitsfälle führt natürlich zu keiner Schwelle, da sie direkt einen Schätzungswert aufsucht. Bei den übrigen Verfahrungsweisen steht unter $\mathcal{S}$ die Summe der oberen und der unteren Schwelle, d. h. der gesamte Bereich der Schwelle.

Berechnungsweisen.

I. Gleichheit der k- und g-Urteile (Halbierung der Gleichheitsfälle).

II. Bestimmung der Ebenmerklichkeitspunkte $\left(\frac{r}{n} = \frac{1}{2}\right)$.

III. Halbierung des Idealgebietes der u-Fälle.

IV. Bestimmung der Grenzen des Indifferenzgebietes (relative Häufigkeit der Indifferenzurteile $= \frac{1}{2}$).

V. Halbierung des Idealgebietes der Indifferenzurteile.

	Beob. M.				Beob. R.			
Stelle d. Lichtreizes:	+ 10°		− 10°		+ 10°		− 10°	
Berechnungsweise	A	$\mathcal{J}$	A	$\mathcal{J}$	A	$\mathcal{J}$	A	$\mathcal{J}$
I	− 2.3°	—	+ 3.2°	—	− 2.6°	—	+ 3.5°	—
II	− 2.4°	1.4°	+ 2.3°	3.4°	− 2.9°	1.7°	+ 3.3°	1.8°
III	− 2.1°	1.7°	+ 1.8°	2.5°	− 2.3°	1.5°	+ 2.4°	1.7°
IV	− 2.4°	1.7°	+ 2.1°	4.2°	− 2.7°	1.8°	+ 2.6°	0.9°
V	− 2.2°	2.1°	+ 2.1°	3.5°	− 2.4°	2.0°	+ 2.6°	2.4°

Der nach *V* aus den Indifferenzurteilen berechnete Äquivalenzwert A verdient auf Grund seiner Ableitung das meiste Zutrauen. Er liegt dem Mittelwerte der *u*-Fälle (*III*) ziemlich nahe, weicht aber von diesen in der Richtung ab, die durch die Werte *I* und *II* gegeben ist. Wegen der vollständigeren Berücksichtigung der verschiedenen Urteilsarten muß er sich stets einem Mittelwert der anderen Berechnungsweisen nähern. Die Werte *I* und *II* zeigen ein weniger gleichmäßiges Verhalten als *III* und *V*: während die letzteren für die symmetrischen Stellungen des Lichtreizes rechts und links der Medianebene annähernd den gleichen absoluten Betrag ergeben, ändert sich dabei namentlich *I* erheblich. Da aber kein Grund vorliegt, einen anderen Grad der Täuschungswirkung anzunehmen, muß diese Unregelmäßigkeit von *I* der unzulänglichen Berechnungsweise zur Last gelegt werden. Die nach *V* berechnete Schwelle kann ihrer Entstehung nach niemals kleiner als die nach *III* berechnete sein. Sie ist in dieser Zusammenstellung auch stets größer, als die aus den Ebenmerklichkeitspunkten gefundene. Auch dieses Verhältnis wird im allgemeinen stattfinden. Die Berechnungsweise *IV* führt zwar für den Äquivalenzwert zu annehmbaren Zahlen, aber die Schwelle weist wegen der Zufälligkeiten in der Verteilung der Indifferenzurteile eine solche Variabilität auf, daß sich diese Berechnungsweise wenig empfiehlt. Ein besonderes Kriterium für die Zuverlässigkeit der Berechnungsweise kann man noch in dem Verhältnis der Werte A und $\mathcal{J}$ erblicken. Es ist ein gutes Zeichen, wenn eine Methode, trotz verschiedener absoluter Werte von A und $\mathcal{J}$ wenigstens für das Verhältnis des konstanten Fehlers zur Schwelle unter sonst übereinstimmenden Bedingungen möglichst ähnliche Werte ergibt. Wendet man diese Überlegung auf die erhaltenen Zahlen an, so zeichnen sich die Berechnungsweisen, welche das Idealgebiet einer Urteilsklasse zu Grunde legen (*III* und *V*) vor denjenigen, die

mit Interpolationen arbeiten (*II* und *IV*), durch geringere Schwankungen dieses Verhältnisses aus.

Die Berechnung aus dem Idealgebiete der Indifferenzurteile bietet sich somit auch auf Grund einer wirklichen Durchführung der verschiedenen Berechnungsweisen als die vorteilhafteste dar. Sie gibt zwar für die Schwelle einen Maximalbetrag. Wenn ich aber Äquivalenzwerte und Schwellen unter verschiedenen künstlichen Täuschungsbedingungen vergleichen will, ist es sicher günstig, eine Berechnungsweise anzuwenden, die allen Einflüssen auf den Verlauf der Urteilszahlen, wenn auch nur summarisch, Rechnung trägt. Die Handhabung der psychischen Maßmethoden muß sich überall nach dem Zweck richten, um dessentwillen die Messungen angestellt werden. Die Bildung der Indifferenzurteile soll durchaus kein Ersatz für feinere Berechnungsweisen sein; ich glaube bloß, daß sie sich für den hier vorliegenden Zweck am meisten empfiehlt. Wer sich mit der Untersuchung der psychischen Maßwerte selbst beschäftigt, wer die Streuung, die Scheidung der Urteilsarten u. s. f. kennen lernen will, der wird ohne Zweifel zu schärferen Kriterien greifen müssen. Aber da hier eine Täuschung untersucht werden soll, bei der die Grundlagen des Urteils sicherlich schwankender sind, als bei einem Vergleich unter optimalen Bedingungen, so sind der Genauigkeit durch die Natur des Problems von vornherein gewisse Grenzen gezogen, wie es uns auch bei manchen physikalischen Messungen begegnet. Wenn z. B. das Leitvermögen eines Elektrolyten, dessen Temperatur auf $^1/_2{}^\circ$ bekannt ist, zu bestimmen ist, so folgt schon daraus eine Unsicherheit von $1\,\%$, die sich durch eine besonders genaue Bestimmung des Leitvermögens durchans nicht vermindern läßt. In unserem Falle z. B. könnte die Verteilung der Gleichheitsfälle in den einzelnen Gruppen solchen zufälligen Schwankungen unterliegen und dann wäre auch eine noch so sorgfältige Verwertung dieser Fälle doch für die Güte der Resultate belanglos.

Die Bildung der Indifferenzurteile hat ferner den Vorteil, daß sich alle Urteile mit einer für viele Zwecke hinreichenden Genauigkeit in eine einzige Zahlenreihe zusammenfassen lassen. Die folgende Zusammenstellung gibt die relative Häufigkeit dieser Indifferenzurteile.

Beob. M.

Stelle d. Schallreizes:	-5°	-4°	-3°	-2°	-1°	0°	$+1^\circ$	$+2^\circ$	$+3^\circ$	$+4^\circ$	$+5^\circ$
Stellen des Lichtreizes $+10^\circ$	0	0.28	0.58	0.80	0.14	0.32	0	—	—	—	—
Stellen des Lichtreizes -10°	—	—	—	0.04	0.08	0.54	0.62	0.74	0.88	0.54	0

Beob. R.

Stellen des Lichtreizes $+10^\circ$	0	0.30	0.76	0.56	0.30	0.12	0	—	—	—	—
Stellen des Lichtreizes -10°	—	—	—	—	0	0.36	0.12	0.44	0.74	0.72	0

Diese Zahlenreihen zeigen, wie das Gebiet der Indifferenzurteile jedesmal zu dem Lichtreiz hingezogen wird. Der Schall muß in Wirklichkeit merklich außerhalb der Sagittalebene auf der entgegengesetzten Seite liegen, um als in der Mitte liegend beurteilt zu werden. Hiermit ist eine Induktion des Lichtreizes auf den gleichzeitigen Schallreiz nachgewiesen.

Diese Versuche stammen von zwei durch mehrere tausend vorangegangener Versuche geübten Beobachtern her; sie geben demnach ein Bild von der Verteilung der Indifferenzurteile, die unter günstigen Bedingungen herrscht. Der im allgemeinen regelmäßige Verlauf der Urteilshäufigkeiten gestattet es, den Einfluß des Lichtreizes dahin zusammenzufassen, daß ein in der Sagittalebene liegender Schall eine Ablenkung um den in den Schätzungswerten angegebenen Betrag erfährt. Nur an der Nullstelle selbst findet sich bei beiden Beobachtern eine Abweichung von dem regelmäßigen Urteilsverlauf, die vielleicht darauf hinweist, daß sich die objektiv mediane Lage des Tones stärker gegen den Täuschungseinfluß wehrt, als die ihr benachbarten. Die konstante Fehlschätzung stimmt in beiden Raumlagen annähernd überein. In besonderen Kontrollversuchen, bei denen nur der akustische Reiz einwirkte, stellte sich im Einklang hiermit keine konstante Abweichung der akustischen Medianebene von der Sagittalebene heraus. Die in diesen Kontrollversuchen aus den Indifferenzurteilen gefundenen Schwellen, für M. 1.1° und für R. 1.3°, liegen überdies denen der komplexen Versuche so nahe, daß hier wie dort die gleiche Präzision waltete. Der Einfluß des Lichtreizes erschöpft sich demnach in jener konstanten Fehlschätzung.

b) Bestimmung der Induktionswirkung durch den Vergleich des Ortes zweier Schallreize.

Erleichtert war in jenen Versuchen die Täuschungswirkung des Lichtreizes fraglos dadurch, daß die Eigentümlichkeiten eines Schall-

reizes bei wirklich sagittaler Lage nur reproduktiv gegeben waren. Der Beobachter entschied in jedem einzelnen Versuche darüber, ob der Ton so klinge, als wenn er aus der Sagittalebene käme, und hierbei sind gewiß leichter Täuschungen möglich, als wenn ein Richtungsunterschied zweier Töne festzustellen ist, deren einer wirklich in der Sagittalebene liegt. Ob die Täuschung auch unter diesen Umständen eintritt, wurde in folgender Weise geprüft. Gleichzeitig mit dem medianen Ton wirkte ein seitlicher Lichtreiz ein. Dann wurde ohne Lichtreiz ein um einen gewissen Betrag verschobener Ton gegeben, auf die Lage dieses zweiten Tones zu dem ersten bezog sich das Urteil des Beobachters. Darauf folgten Versuche in der umgekehrten Zeitlage. Da ein Einfluß der Raumlage sich in jener ersten Versuchsgruppe nicht gezeigt hatte, wurde hier nur eine Raumlage untersucht.

Statt des Funkenrelais wurde jetzt eine Glühlampe benutzt, die in einen lichtdichten Kasten eingeschlossen, für kurze Zeit eine runde Mattglasöffnung von 4 qmm beleuchtete. Ohne Zweifel hätte die kurzdauernde Darbietung beider Reize die gleichmäßigsten Bedingungen für die Lokalisation mit sich geführt. Um aber eine hinreichende Sicherheit der akustischen Lokalisation zu behalten, konnte unter die Dauer von etwa 1 Sekunde für den Schallreiz nicht viel heruntergegangen werden. Ich gab daher fortan dem Lichtreiz ebenfalls eine längere Dauer und konnte nun eine gewöhnliche Glühlampe verwenden. Außerdem war hier eine größere Konstanz der Intensität verbürgt als bei dem Lichtfunken. Die Dauer der Reize sowie die Zwischenzeit bei sukzessiver Reizung wurden, nachdem sich der Experimentator auf den Takt eines Pendels eingeübt hatte, mit der Hand bestimmt; die erste betrug eine knappe Sekunde, die zweite doppelt soviel, etwa $1\,^2/_3$ Sekunden. Die Intensität der Reize war von jetzt an unverändert, sodaß auch in dieser Hinsicht diese und alle folgenden Versuche untereinander vergleichbar sind.

Der Lichtreiz stand bei diesen Versuchen in der Entfernung von 15° rechts der Sagittalebene; um seinen Einfluß möglichst vollständig angeben zu können, wurde auch die einfache Schwelle für Abweichungen eines Tones aus der Sagittalebene bestimmt. Der Grundgedanke dieser Versuche, den Ort eines von dem Täuschungseinflusse freien Tones mit dem eines der Täuschungswirkung ausgesetzten Tones zu vergleichen, ließ sich allerdings nicht rein verwirklichen; es mußte mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß der vorangegangene Lichtreiz auch auf den zweiten, nachfolgenden Ton eine räumliche Induktion ausübte, und bei der umgekehrten Zeitlage der Ort des zunächst iso-

liert gehörten Tones noch nachträglich durch den Lichtreiz verschoben würde. Um diese sukzessiven Induktionen gesondert zu untersuchen, wurde in einer besonderen Versuchsgruppe die Zwischenzeit zwischen zwei allein gegebenen Schallreizen durch den seitlichen Lichtreiz ausgefüllt. Es wurde also hier zunächst in der Sagittalebene ein Ton gegeben; beim Aufhören des Tones setzte der seitliche Lichtreiz ein, und beim Erlöschen des Lichtes begann der Vergleichston. Ich teile auch die Urteilszahlen dieser vier Versuchsgruppen als Beispiele vollständig mit. Die Urteile beziehen sich stets auf die Lage des an zweiter Stelle gegebenen Schallreizes zu dem ersten; am Kopf jeder Kolonne ist die Reihenfolge der Darbietungen angegeben; die gleichzeitige Darbietung ist als Licht + Schall bezeichnet.

Tabelle II. (Beob. S.)

Stelle des zweiten Schallreizes	1. Licht + Schall; Schall			2. Schall; Licht + Schall		
	<	=	>	<	=	>
−3°	—	—	—	25	—	—
−2.5°	25	—	—	22	2	1
−2°	14	4	7	11	8	6
−1.5°	10	9	6	16	3	9
−1°	8	13	4	9	9	7
−0.5°	9	10	6	8	10	7
0°	8	11	6	4	14	7
+0.5°	8	12	5	7	10	8
+1°	4	7	14	3	10	12
+1.5°	7	9	9	3	5	17
+2°	4	7	14	2	8	15
+2.5°	4	4	17	—	—	25
+3°	—	—	25	—	—	—

	3. Schall; Schall			4. Schall; Licht; Schall		
	<	=	>	<	=	>
−2°	—	—	—	25	—	—
−1.5°	25	—	—	8	8	9
−1°	11	8	6	10	13	2
−0.5°	7	9	9	10	13	2
+0°	3	15	7	10	13	2
+0.5°	6	10	9	6	12	7
+1°	2	7	16	6	9	10
+1.5°	—	—	25	3	8	14
+2°	—	—	—	3	5	17
+2.5°	—	—	—	—	—	25

Auch für diese Tabelle mögen die Resultate der verschiedenen Berechnungsweisen noch einmal zusammengestellt werden.

Berechnungsweise	1. Licht + Schall; Schall		2. Schall; Schall + Licht		3. Schall; Schall		4. Schall; Licht; Schall	
	A	*J*	*A*	*J*	*A*	*J*	*A*	*J*
I	+ 1.2°	—	— 0.8°	—	— 0.6°	—	+ 0.9°	—
II	— 0.3°	3.1°	— 0.7°	3.8°	— 0.2°	1.9°	— 0.3°	3.0°
III	+ 0.5°	1.7°	0.0°	1.6°	0.0°	1.0°	+ 0.2°	1.6°
IV	+ 0.2°	4.5°	— 0.4°	3.7°	— 0.1°	2.1°	0.0°	3.5°
V	+ 0.2°	3.8°	— 0.5°	3.4°	— 0.2°	1.9°	+ 0.3°	2.9°

In methodischer Hinsicht zeigt diese Zusammenstellung wiederum, daß die nach *V* berechneten Werte den anderen überlegen sind. Der nach *V* berechnete Äquivalenzwert ist wieder eine Art Mittelwert zu den übrigen, das zugehörige Schwellengebiet *J* nähert sich hier dem der Ebenmerklichkeitspunkte (*II*). Die nach *III* (aus den Gleichheitsfällen) berechnete Schwelle ist überall auffallend kleiner als sämtliche anderen Schwellen. Der Beobachter S. hatte eine geringe Neigung zu Gleichheitsurteilen, und gerade in einem solchen Falle ist eine Berücksichtigung sämtlicher Urteilsarten unerläßlich. Der Verlauf der relativen Häufigkeiten der Indifferenzurteile spiegelt in einer übersichtlichen Zahlenreihe das Verhalten des Beobachters wieder.

Versuchsgruppen	Stellungen d. Schallreizes: — 3°	— 2.5°	— 2°	— 1.5°	— 1°	— 0.5°	0°	+ 0.5°	+ 1°	+ 1.5°	+ 2°	+ 2.5°
1.	0	0.16	0.80	0.72	0.92	0.96	0.88	0.96	0.64	0.44	0.48	0
2.	—	0	0.72	0.84	0.84	0.88	0.92	0.88	0.60	0.92	0.60	0.48
3.	—	—	—	0	0.80	0.84	0.84	0.88	0.44	0	—	—
4.	—	—	0	0.96	0.68	0.68	0.68	0.96	0.84	0.56	0.44	0

Man sieht an den beiden ersten Horizontalen (Gruppe 1 und 2) eine allerdings schwache Verschiebung des Schalles nach dem Lichte zu. Die dritte Linie (Gruppe 3), in welcher sich die Indifferenzurteile gleichmäßig um den Nullpunkt verteilen, zeigt, daß ein merklicher konstanter Fehler ohne Einwirkung des Lichtreizes nicht vorhanden war; anßerdem ist die Ausdehnung des Indifferenzgebietes bei weitem geringer. Endlich die letzte Linie (Gruppe 4) gibt eine schwache positive Ablenkung des Schalles. Das Streuungsgebiet der Urteile liegt hier zwischen den beiden anderen. Die Täuschungsgrößen selbst sollen durch die nach *V* berechneten Werte dargestellt sein. Sie

sind allerdings viel kleiner als früher und betragen überall nur Bruchteile der Schwelle. Immerhin stimmt die Richtung, in welcher der Schätzungswert von dem wahren Ort der Schallquelle abweicht, überall mit einer durch den gleichzeitigen Lichtreiz bedingten Anziehung überein. Wenn man den schwachen konstanten Fehler von — 0.2°, der ohne Einwirkung des Lichtes vorhanden ist, in Anschlag bringt, wird die Täuschungswirkung in beiden Zeitlagen annähernd gleich. Sie ist in beiden Fällen bereits gemindert durch die bei diesem Verfahren niemals auszuschaltenden sukzessiven Induktionen. Ein großer Unterschied zwischen den beiden Richtungen, in denen die Sukzessivinduktion wirken kann, ist aus der Gruppe 4: Schall-Licht-Schall nicht abzulesen. Das die Pause zwischen den beiden Schallreizen ausfüllende Licht kann sowohl den Ort des zuerst gehörten Schalles nachträglich im Sinne einer räumlichen Induktion beeinflussen, als auch den zu zweit gegebenen Schall in seine Sphäre hineinziehen. Es scheint hier, als wenn die rückwärtswirkende Induktion sogar größer wäre als die vorwärtswirkende. Indessen war es gerade bei diesen Versuchen, in denen die Zwischenzeit der beiden Töne durch den ablenkenden Lichtreiz ausgefüllt war, besonders schwierig, die verabredete ausschließliche Beachtung des Schallreizes festzuhalten. So bemerkte Beob. S. spontan, der Lichtreiz übe zwar eine anziehende Kraft aus, aber er widerstrebe innerlich dieser Anziehung. Bei einer derartigen Einstellung kann natürlich leicht des Guten zu viel getan werden. Überhaupt sind dann die Schätzungswerte nicht mehr der Ausdruck der räumlichen Induktionen, sondern ein überaus komplexer Täuschungswert.

Die gleiche Frage wurde an zwei anderen Beobachtern M. und R., bei verschiedenen Stellungen des induzierenden Reizes, geprüft. Da ein Unterschied zwischen den beiden Zeitlagen bei Beob. S. nicht zu bemerken war, wurde hier nur die Sukzession: Schall + Licht, Schall behandelt. Ich gebe nur die Resultate und füge die des Beobachters S. zum Vergleiche hinzu (s. S. 39).

Die Täuschungswirkung ist auch hier gering. Sie beträgt überall nur Bruchteile von Graden. Eine Abhängigkeit von der Entfernung des Lichtreizes ist nicht mit Sicherheit zu konstatieren. Bei M. nimmt die Täuschung mit der Entfernung ab, bei R. ist sie in beiden Fällen sehr schwach. Da die Aufmerksamkeit des Beobachters vornehmlich

Stellung des Schallreizes: 0°.

Stellung des induzierenden Lichtreizes:	— 20°		— 10°		+ 15°
	Beob. M.	Beob. R.	Beob. M.	Beob. R.	Beob. S.
Scheinbarer Ort des Schallreizes:	— 0.9°	— 0.2°	— 0.4°	— 0.3°	+ 0.4°
Raumschwelle des Schallreizes bei Einwirkung des Lichtes:	2.1°	2.5°	1.6°	2.1°	1.8°
Raumschwelle des Schallreizes ohne Nebenreiz:	1.1°	1.3°	—	—	1.0°

Versuchszahl: Beob. M.: 316; Beob. R.: 239; Beob. S.: 775.

dem Schallreiz zugewandt war, haben die gewonnenen Zahlen die Bedeutung von Minimalwerten. Immerhin weist die Erhöhung der Schwellen auf eine störende Wirkung hin. Die Schwelle hat überall da, wo die Schätzungsdifferenz als Maß einer Täuschung in erster Linie interessiert, eine zwar mittelbare aber nicht unwichtige Bedeutung. Konstanz der Schwelle bei verschiedenen Schätzungsdifferenzen ist ein Anzeichen dafür, daß eine Täuschung nur als eine konstante Ablenkung wirkt. Wenn die Schwelle auch variiert, so ist ein Teil der Täuschungswirkung gleichsam als Erhöhung der Schwelle aufgebraucht worden. Solange die konstante Ablenkung des Hauptreizes hinter der Erhöhung seiner Raumschwelle weit zurückbleibt, wirkt der Nebenreiz nur als ein Hemmungsreiz im Heymansschen Sinne; in diesem Falle übt er keine eindeutige räumliche Induktion aus. Das Verhältnis der reinen Induktionswirkung zu der Hemmungswirkung eines Nebenreizes ist ein besonderer Gesichtspunkt, unter dem sich sein Einfluß betrachten läßt. Die bisherigen Ergebnisse, und auch die folgenden zeigen im allgemeinen, daß diese beiden Wirkungsarten zueinander antagonistisch sind. Die größten Ablenkungen werden dann erhalten, wenn die Steigerung der Schwelle nur minimal ist, und so münden diese Überlegungen in die allgemeine Frage nach einer Gesetzmäßigkeit für das Verhalten von konstantem Fehler und Präzision der Auffassung.

2. Wechselseitige Ablenkung von Licht und Schall.

a) Ablenkung der Richtung.

Die bisher festgestellten räumlichen Induktionen wirken vermutlich wechselseitig zwischen den beiden Reizen. Auch bei der Bestimmung dieser wechselseitigen Anziehung mußte aber das bisher

gehandhabte Verfahren beibehalten werden. Eindeutige Vergleichsbedingungen liegen nur dann vor, wenn ich den Ort des Reizes ohne Nebenreiz mit dem scheinbaren Ort bei Einwirkung eines Nebenreizes vergleiche. Diese Vergleiche mußten für den Schallreiz und für den Lichtreiz in besonderen Versuchsreihen durchgeführt werden. Unterstützend mußte hier die Fähigkeit des Beobachters eingreifen, seine Aufmerksamkeit jedesmal auf denjenigen Reiz zu richten, dessen scheinbarer Ort unter Einwirkung des Nebenreizes bestimmt werden sollte. Denn nur diese subjektive Betonung ließ den einen Reiz zum Hauptreiz werden, und den anderen zum Nebenreiz herabsinken. Um die zahlenmäßige Vergleichung mit späteren Versuchen zu ermöglichen, in denen auch ein Tastreiz zur Verwendung kam, wurde unter den gleichen Bedingungen, bei denen dort der Tastreiz einwirkte, eine Versuchsreihe mit Licht und Schall an dem Beob. A. ausgeführt. Ich suchte die wechselseitige Anziehung zwischen einem Licht- und einem Schallreiz zu bestimmen, die sich in der Entfernung des leicht gebeugten Unterarmes befanden. Die Normalentfernung von Licht und Schall betrug 4 cm. Zunächst wurde der zu untersuchende Reiz allein gegeben, dann gleichzeitig mit ihm der disparate Reiz. Da sich die Versuchsbedingungen nicht so gleichmäßig aufrecht erhalten ließen, um Versuche, die über viele Stunden verstreut waren, zu einer einzigen Gruppe zusammenziehen zu können, so wurde hier die Methode der minimalen Änderungen angewendet; die in jeder einzelnen Stunde gefundenen Fehlschätzungen und Schwellen wurden dann zu Mittelwerten vereinigt. Auf diese Weise ergaben sich folgende Werte:

Entfernung von Licht und Schall: 4 cm

Konstante Fehlschätzung des Lichtreizes:	0.4 cm.	Raumschwelle:	0.3 cm
» » » Schallreizes:	0.9 cm.	»	1.2 cm

Diese Distanz von 4 cm entsprach bei der von Beob. A. eingenommenen Stellung einer Winkelöffnung von 4.4°. Die akustische Richtungsschwelle stimmt demnach, wenn sie nach diesem Verhältnis in Graden ausgedrückt wird, gut mit den früher gefundenen überein. Die konstante Ablenkung dagegen ist bei dieser Entfernung von 4.4° merklich größer als bei den früher geprüften Entfernungen bis zu 20°. Es scheint, als wenn bei zunehmender Entfernung des

induzierenden Nebenreizes die Täuschungswirkung außerordentlich rasch abnehme.

b) Vergleich von simultan und sukzessiv begrenzten Strecken.

Auf ein sehr komplexes Gebiet werden wir beim Vergleich von Strecken geführt, die durch diparate Reize begrenzt sind. Zunächst könnte man ja denken, die Messung des Äquivalenzwertes einer solchen Strecke gebe unmittelbar und in einem einzigen Versuche die Summe der induzierenden Einflüsse der beiden Reize. Obgleich es sich gezeigt hat, daß jeder der beiden Reize durch räumliche Induktion eine konstante Fehlschätzung der anderen bewirken kann, so ist damit doch noch nicht gesagt, daß bei einmaliger gleichzeitiger Darbietung der beiden Reize nun deren Entfernung um diese Ablenkungsbeträge scheinbar verkleinert sei. Bei der Entfernungsauffassung treten neue Bedingungen hinzu, auf die schon der Satz hinweist, daß absolute Lokalisation und Streckenauffassung verschiedene Funktionen sind. Die exakte Ableitung des Äquivalenzwertes solcher disparater Strecken führt weit über das Problem der Nebenreize hinaus; ich beschränkte mich darauf, Vergleiche zwischen Strecken ausführen zu lassen, deren Grenzen einmal simultan, und sodann sukzessiv dargeboten wurden. Die durch simultane Reize begrenzte Strecke möge symbolisch als $(\widehat{O, A})$ bezeichnet werden; die sukzessiv begrenzten Strecken je nach der Reihenfolge von Licht (O) und Schall (A) als (O, A) und (A, O). Für eine Normalstrecke von 4 cm ergaben sich dann folgende Gleichungen:

$$\text{Strecke } (\widehat{O, A}) = \text{Strecke } (A, O - 0.3 \text{ cm}) = \text{Strecke } (O, A).$$

Deutlicher als ein Unterschied zwischen der simultanen und der sukzessiven Darbietung tritt die Differenz zwischen den Äquivalenzwerten der beiden Reihenfolgen bei sukzessiver Darbietung heraus. Die Strecke (A, O) erscheint größer als die Strecke (O, A).

Die Versuche mit übermerklichen Reizdistanzen, die sich in die Tiefe erstreckten, waren wegen der groben Unsicherheit der akustischen Tiefenauffassung erschwert. Die Auffassung der Sukzession (A, O) war leichter als die von (O, A). Zu zahlenmäßiger Bestimmung drang ich wegen der unsicheren Vergleichsgrundlagen nicht vor.

c) Simultanschwelle und Sukzessivschwelle.

1. Richtungsunterschiede. Als Grenzfall der Anziehung, die ein Licht- und ein Schallreiz bei gleichzeitiger Darbietung auf einander ausüben, tritt schließlich die räumliche Identifikation der beiden Reize ein. Wir können ihre Distanz soweit verkleinern, bis die durch die Gleichzeitigkeit gegebene Tendenz zur räumlichen Verschmelzung sich wirklich durchsetzt.

Wird nun die eben noch unterscheidbare Distanz eines Licht- und eines Schallreizes einmal bei simultaner und dann bei sukzessiver Darbietung bestimmt, so spiegelt sich in dem Verhältnis der beiden Raumschwellen die Tendenz zur räumlichen Verschmelzung gleichzeitiger Reize. Eine Anziehung des Schallreizes durch den Lichtreiz oder umgekehrt ist auch bei den sukzessiven Darbietungen nicht ausgeschlossen. Aus dem Vergleich der beiden Schwellen erfahren wir demnach streng genommen nur, in wieweit eine durch Gleichzeitigkeit gegebene Tendenz zur räumlichen Verschmelzung die gewöhnliche Auffassung sukzessiver Reize beeinflußt.

Der Lichtreiz stand bei diesen Versuchen dauernd auf o°, etwas oberhalb des in der Sagittalebene gelegenen Fixationspunktes, welcher vor jedem Versuch gezeigt wurde. Der Schallreiz wurde nach beiden Seiten um die zur Ableitung der Schwelle erforderlichen Beträge verschoben. Bei dem sukzessiven Verfahren ging in der ersten Gruppe der optische Reiz dem akustischen voran (*O*, *A*); in der zweiten war die Zeitfolge umgekehrt (*A*, *O*). Um ein Bild von dem Verlauf der Urteile im einzelnen zu geben, ist in den Figuren 1 und 2 die relative Häufigkeit der Indifferenzurteile innerhalb des geprüften Reizgebietes dargestellt.

Zu jeder der als Abszisse angegebenen Reizentfernungen ist als Ordinate die auf die gleiche Versuchszahl bezogene Summe der Gleichheitsurteile und der einander widersprechenden Verschiedenheitsurteile angegeben. Dem von jeder dieser Kurven eingeschlossenen Flächengebiet ist die Schwelle proportional zu setzen; man sieht mit bloßem Auge, daß die bei simultaner Darbietung sich ergebende Kurve das größte Flächengebiet umschließt. Auch durch ihre größere Asymmetrie unterscheidet sich bei beiden Beobachtern diese Kurve von den übrigen, was vielleicht auch ein Ausdruck für die Erschwerung

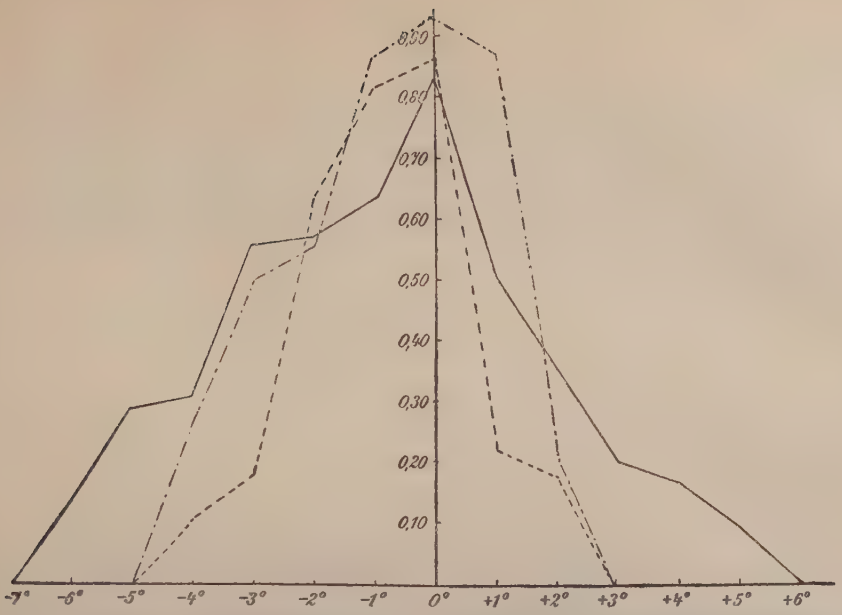

Fig. 1. Verlauf der Indifferenzurteile bei Versuchen über die Raumschwelle zwischen Licht (O) und Schall (A). Beob. M.

——— Simultane Darbietung $(\widehat{O, A})$
—·—·— Sukzessive » (O, A)
– – – – – » » (A, O)

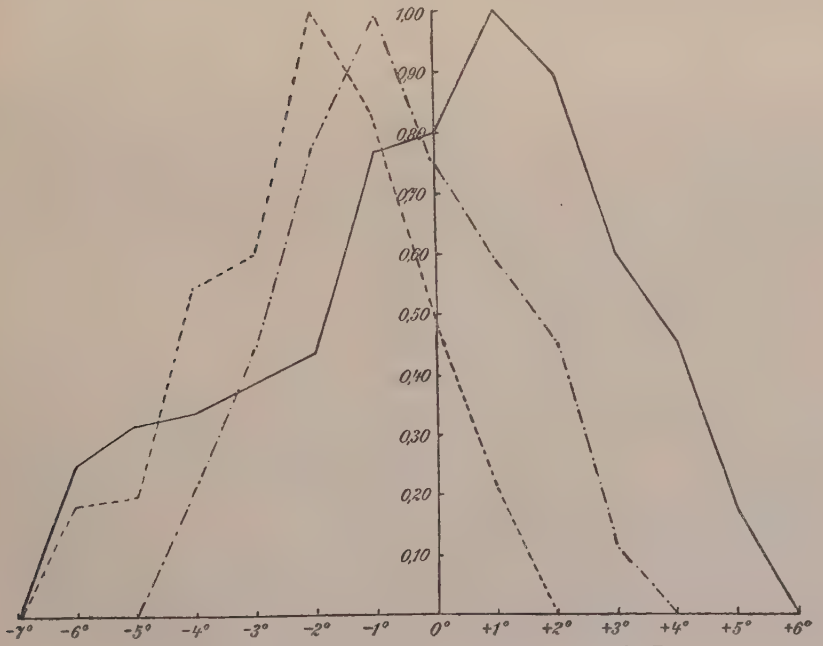

Fig. 2. Bedeutung der Kurven wie Fig. 1. Beob. R.

der räumlichen Scheidung durch die Gleichzeitigkeit der Darbietung ist. Bei Beob. R. (Fig. 1) fallen überdies die Gipfel der drei Kurven merklich auseinander; da es aber hier nicht auf solche individuelle Fehlschätzungen abgesehen war, ist dieser Erscheinung keine besondere Bedeutung beizumessen.

Die Berechnung der Schwellen aus den Indifferenzurteilen ergab:

		Beob. M.	Beob. R.
Simultanschwelle	$(O,\widehat{A})$	2.3°	3.1°
Sukzessivschwelle	(O, A)	2.1°	2.2°
	(A, O)	1.5°	2.0°
	Versuchszahl:	1104	1320

Die Simultanschwelle ist bei beiden Beobachtern am größten; bei sukzessiver Darbietung ist die Reihenfolge Schall, Licht (A, O) für die räumliche Trennung der beiden Reize günstiger als die umgekehrte. Das vorangegangene Licht übte auf den nachfolgenden Schall einen stärkeren räumlich induzierenden Einfluß aus, als umgekehrt der vorangegangene Schall auf das Licht. Die für beide Beobachter erreichte hohe Versuchszahl bürgt dafür, daß diese Erscheinung keine zufällige Variation der Raumschwelle ist. Die Sukzessivschwellen zwischen Licht und Schall sind bei diesen beiden Beobachtern größer als ihre früher mitgeteilten Schwellen für den Richtungsunterschied zweier Schallreize, deren einer in der Meridianebene steht. Das gleiche ergab eine Versuchsreihe mit Beob. F. Hier war die mittlere Sukzessivschwelle für Licht und Schall 2.2°, die einfache Raumschwelle zweier Schallreize 1.5°. Um diese zunächst unerwartete Erscheinung näher zu prüfen, stellte ich mit Beob. S. eine besondere Versuchsreihe an, in welcher sämtliche hier in Frage kommende Schwellen unter ganz vergleichbaren Bedingungen abgeleitet wurden. Bei den Sukzessivschwellen blieb der Lichtreiz während der meisten Versuche an seiner Stelle; ich überzeugte mich in besonderen Versuchen, daß eine symmetrische Verschiebung beider Reize oder eine alleinige Verschiebung des Lichtreizes keinen eindeutigen Einfluß auf die Schwelle hatte.

Die beiden letzten Schwellen (s. S. 45) gründen sich auf die Tatsache, daß wir über die Lage eines Schalles zur Sagittalebene ein unmittelbares Urteil zu fällen vermögen. Mag die akustische Lokalisation

Beob. S.

Simultanschwelle für Licht + Schall:	2.2°
Sukzessivschwelle für Licht, Schall:	1.7°
» » Schall, Licht:	1.3°
» » Licht, Licht:	0.1°
» » Schall, Schall:	1.0°
Schwelle für Abweichung eines Schalles aus der Sagittalebene mit dauerndem Fixationspunkt:	1.3°
ohne Fixationspunkt:	2.4°

noch so vielen und verschiedenartigen Täuschungen ausgesetzt sein, über die Lage eines Schalles rechts oder links der Sagittalebene sprechen wir uns doch mit großer Sicherheit aus. Dies ist eine der wichtigsten Funktionen des diotischen Hörens. Wenn die Medianebene nun durch einen dauernden Fixationspunkt markiert wird, läßt sich die Aufgabe stellen über die Lage eines Schalles zu dieser Ebene zu urteilen; das sind Versuche, die denen über die einfache Sukzessivschwelle oder Simultanschwelle ähnlich sind. Der Betrag der Schwelle von 1.3° nähert sich mehr der Sukzessivschwelle. Es läßt sich aber auch, wenn die Stellung des Kopfes hinreichend konstant erhalten wird, die Präzision ermitteln, mit welcher die Abweichung eines einzelnen Schalles aus der Medianebene aufgefaßt wird. Die Schwelle von 2.4°, die sich auf diese Weise ergab, ist zwar größer als alle anderen; aber daß eine solche Schwelle überhaupt existiert, ist für die akustische Lokalisation von hoher Bedeutung. Sie unterscheidet wesentlich die Richtungsauffassung von der Tiefenauffassung. Für eine Tiefendistanz gibt es eine derartige Fragestellung überhaupt nicht.

Die Sukzessivschwelle für Lichtreize im Dunkeln bleibt weit hinter der Sehschärfe bei simultaner Reizung zurück. Immerhin ist sie erheblich feiner, als die Sukzessivschwelle für Schallreize. L. W. Stern fand in seinen Untersuchungen über die Bewegungsschwelle eine so große Unsicherheit der Auffassung, daß er auf deren Ableitung verzichtete und bestimmte Anhaltepunkte zu Hilfe nahm [1]). Gegenüber der mit fortwährenden Scheinbewegungen vermischten Bewegungsauffassung scheint aber doch der sukzessive Vergleich zweier bestimmter Lichtpunkte merkliche Vorteile zu haben. Die Genauig-

[1]) Zeitschr. f. Psych., Bd. 7, S. 343.

keit, mit der Abweichungen eines Lichtreizes aus der Medianebene aufgefaßt werden, haben ferner M. Sachs und R. Wlassak zu bestimmen versucht[1]). Sie fanden das Gebiet, innerhalb dessen einander widersprechende Urteile vorkamen, zu $^1/_2{}^\circ$ bis 1°. Bei meinen Versuchen, wo der eine Lichtreiz wirklich in der Medianebene lag, mußte die Schwelle naturgemäß erheblich feiner werden.

Die an Beob. S. gewonnenen Zahlen zeigen, daß die Raumschwelle der disparaten Reize sich merklich von denen der homogenen Reize unterscheidet und es jedenfalls der experimentellen Festellung dieser Größen bedarf, ehe man sich theoretisch über die Beziehungen der Schwellen äußern kann.

2. Entfernungsunterschiede. Trotz der großen Täuschungen, denen die Auffassung von Schallentfernungen ausgesetzt ist, ließ sich die Bestimmung der simultanen und sukzessiven Raumschwelle, nachdem sich der Beobachter an die konstant bleibende Qualität der Reize gewöhnt hatte, mit hinreichender Sicherheit ausführen. Der Lichtreiz stand stets in der Medianebene in 1 m Entfernung; der Ton wurde in der Gesichtslinie verschoben. Um den Einfluß des erfahrungsmäßigen Zusammenhanges von Entfernungs- und Intensitätsänderung eines Tones auf das Urteil möglichst zu verringern, hätte die Stärke des Tones unregelmäßig variiert werden müssen. Indessen entstand dadurch, daß der Beobachter bald mehr bald minder die Intensität zur Vergleichsgrundlage nahm, eine so große Unbestimmtheit, daß ich lieber diesen Einfluß mit in Kauf nahm und die Intensität objektiv konstant ließ. In der Ausführung entsprachen diese Versuche, die in der Hauptsache von Beob. A. herrühren, ganz den früheren. Dieselben Schwellen ließen sich für eine scheinbare Medianlokalisation bestimmen, welche dann entstand, wenn zwei konform schwingende Telephone zu beiden Seiten des Kopfes symmetrisch aufgestellt wurden. Der einfach gehörte Ton kam dann aus der Medianebene und wurde in eine bestimmte Entfernung verlegt. Durch Verschiebung des Lichtreizes ließen sich die Grenzen feststellen, innerhalb deren die kurzdauernd gegebenen Reize räumlich identifiziert wurden. Das arithmetische Mittel dieser Grenzwerte wurde dann als Entfernung des Tones genommen, und die syste-

---

[1]) Die optische Lokalisation der Medianebene, Zeitschr. f. Psych., Bd. 22, S. 23 ff.

matische Verschiebung des Lichtreizes ergab die Schwelle. Um die so gewonnenen Werte mit denen eines objektiv gewonnenen Tones vergleichen zu können, sind im folgenden die relativen Quellen mitgeteilt.

	Ton in der Medianebene	Verschmelzung zweier Töne zu scheinbar medianer Lage
Simultanschwelle $(\widehat{O,A})$:	0.10	0.17
Sukzessivschwelle (O, A)	0.05	0.07
Sukzessivschwelle (A, O)	0.04	0.05
Versuchszahl: 273		

Der Unterschied zwischen der Simultan- und der Sukzessivschwelle ist hier noch größer als bei der Richtungsauffassung; am größten ist er bei der scheinbaren Medianlokalisation zweier verschmelzender Töne, bei der begreiflicherweise die geringste Sicherheit in der Tiefenlokalisation herrscht. Beim Sukzessivvergleich zweier Töne wurde erst ein Unterschied von 0.09 bemerkt. Für den Beob. A. war demnach die Schwelle zwischen Licht und Schall feiner als die zwischen zwei Schallreizen. Die Simultanschwelle kann wegen der besonderen Störung, die hier die räumliche Scheidung durch die Gleichzeitigkeit erfährt, nicht zum Vergleich zwischen der bei disparaten und homogenen Reizen herrschenden Präzision herangezogen werden, zumal ihr eine Simultanschwelle zweier Schallreize nicht entspricht. Ich prüfte zunächst das Verhältnis der Sukzessivschwelle für Schall-Licht zu der Sukzessivschwelle zweier Schallreize an einem anderen Beob. (F.) und fand auch hier die erstere merklich feiner als die zweite. Es betrug die relative Unterschiedsschwelle für Tiefendistanzen von Licht und Schall bei F. 0.08, während sie unter den gleichen Bedingungen für den Schall allein auf 0.14 stieg. Dabei betrug die relative Unterschiedsschwelle für die Entfernung zweier sukzessiv gebotener Lichtreize 0.035. Im Einklang hiermit stand übrigens die Aussage der Beobachter, daß sie sich in dem Vergleich der Entfernung von Licht und Schall sicherer fühlten, als bei alleiniger Darbietung akustischer Reize. Man sollte meinen, daß bei der nur einmaligen Darbietung des Tones ein wichtiges Hilfsmittel der Entfernungsauffassung, nämlich der Intensitätsunterschied, ausgeschaltet sei, und daß deswegen die Schwelle steigen müsse. Bei der Entscheidung der Frage, ob der Ton so klinge, als wenn er von

der Stelle des Lichtreizes käme oder nicht, kann jedenfalls die Intensität des Tones wenig nützen. Welcher Art nun auch das hier mithelfende akustische Tiefenmerkmal sei, es bleibt die Tatsache, daß die Schwelle: Licht, Schall feiner ist als die Schwelle: Schall, Schall. Die Schwelle: Licht, Schall ist annähernd gleich dem arithmetischen Mittel aus den Schwellen zweier Lichtreize und zweier Schallreize. Dieses Verhalten könnte zunächst ganz plausibel erscheinen. Denke ich mir die Raumschwelle des Lichtreizes und des Schallreizes als quantitative Eigentümlichkeiten an diesen Reizen, warum sollte nicht die Raumschwelle zwischen Licht und Schall sich als deren Mittelwert darstellen? Aber man braucht sich nur an die Bedeutung der Raumschwelle als eines Maßes für die Schärfe der Unterscheidung zweier homogener Reize zu erinnern, um zu erkennen, daß eine solche Analogie auf schwachen Füßen steht. Überdies führte eine nähere Untersuchung dieses Phänomens zu abweichenden Resultaten. Bei Prof. Wirth und dem Verfasser war die Schwelle: Schall, Schall merklich feiner als die Schwelle: Licht, Schall; bei dem ersteren verhielten sich die Schwellen fast wie 3 : 4, bei dem letzteren annähernd wie 1 : 2. Bei Beob. S. ließ sich nach hinreichender Einübung keine konstante Differenz zwischen den beiden Schwellen finden. Offenbar ist der Grad, in welchem Intensitätsunterschiede zur Beurteilung der Entfernung herangezogen werden, bei diesen Beobachtern verschieden gewesen. Wenn die Aufmerksamkeit ganz diesem Unterschiede zugewendet ist, dann ist es eigentlich kaum verständlich, wie die Schwelle: Licht, Schall feiner werden sollte, als die Schwelle: Schall, Schall. Andererseits gibt auch die absolute Vorstellung der Tiefe des Lichtreizes einen Anhaltepunkt für die Eintragung des Schallreizes in eine bestimmte Distanz. Jedenfalls sind die Bedingungen hier viel komplexer, als bei den Versuchen über die Richtungsschwelle. So viel leuchtet trotz allem ein, daß eine Ableitung der Schwelle: Licht, Schall aus den einfachen Schwellen: Licht, Licht und Schall, Schall nicht ohne weiteres möglich ist.

3. Künstliche Steigerungen der Tendenz zu räumlicher Verschmelzung.

Da die bisher betrachteteten Erscheinungen überall die Tendenz zur räumlichen Verschmelzung zweier gleichzeitiger Eindrücke zeigten,

lag es nahe, zu prüfen ob sich eine solche Tendenz durch wiederholte gleichzeitige Darbietung verstärken ließe. Jede Wiederholung der gleichzeitigen Darbietung müßte ja einen neuen Antrieb zur Verschmelzung erteilen und so allmählich das Netz der Lokalzeichen immer mehr lockern, bis schließlich der Eindruck ganz herausfällt.

Diese Versuche ließen sich am einfachsten in folgender Weise ausführen. Dem Beobachter wurde eine bei einmaliger Darbietung eben noch unterscheidbare Distanz des Licht- und Schallreizes dargeboten. Er wurde dahin instruiert, daß in regelmäßigen Intervallen eine Reihe von Darbietungen folgen würden, bei denen jedesmal die Distanz um ein wenig größer oder kleiner geworden sei; er solle den Experimentator unterbrechen, sobald er zum ersten Male eine Veränderung wahrnähme. In Wirklichkeit wurde die Distanz konstant gelassen; abgesehen von gelegentlich eingestreuten merklichen Veränderungen, die die Unwissentlichkeit des Beobachters über den wahren Sachverhalt erhalten sollten, wurde stets die gleiche Entfernung der beiden Reize dargeboten. Es wurde jedesmal notiert, nach der wievielten Darbietung zum ersten Male eine scheinbare Annäherung oder Entfernung der beiden Reize angegeben worden war. Diese Angaben verstreuten sich hauptsächlich auf das Gebiet zwischen 3 und 9 Darbietungen. War bis sum 12. Versuche noch kein Urteil abgegeben, so wurde die Reihe abgebrochen, da ihre Weiterführung zu große Anforderungen an die Spannung der Aufmerksamkeit gestellt hätte. Offenbar verlieren die Urteile an Gewicht, je mehr Darbietungen vorangegangen sind. Nicht nur treten die unvermeidlichen Schwankungen der Aufmerksamkeit ein, sondern es schwindet auch die eigentliche Ausgangsentfernung der beiden Reize immer mehr aus dem Bewußtsein. Dieser Tatsache suchte ich in erster Annäherung dadurch Rechnung zu tragen, daß ein Urteil über eine scheinbare Veränderung, welche nach der n-ten Wiederholung abgegeben war, mit dem Gewichte $\frac{1}{n}$ versehen wurde.

Mit dem Beob. S. wurden diese Versuche (etwa 200 an Zahl) angestellt; es ergab sich das Verhältnis k der Annäherungs- zu den Entfernungsurteilen zu $k = 1.66$, wenn eine ebenmerkliche Abweichung des Schallreizes von dem in der Medianebene liegenden Lichtreize dargeboten wurde; die Simultanschwelle betrug in dieser Versuchsreihe 2.2°. Zum Vergleiche wurden Versuche mit wiederholter Darbietung einer sukzessiv ebenmerklichen Distanz ausgeführt; hierbei entfernte sich k nicht eindeutig von dem Werte 1. Ermüdung und sonstige störende Einflüsse wirkten aber hier offenbar ebensogut wie bei dem ersten Verfahren; es kann also das in dem Werte $k = 1.66$ zum Ausdruck kommende Überwiegen der Annäherungs-

urteile mit Sicherheit auf eine Steigerung der Tendenz zur Verschmelzung durch wiederholte simultane Darbietung zurückgeführt werden.

In ähnlicher Weise wurden Versuche über eine ebenmerkliche Tiefendistanz von Licht und Schall angestellt; das Verhältnis k der Annäherungs- zu den Entfernungsurteilen erhielt hier den Wert 1.55. Es herrschte also wiederum die Neigung vor, die Distanz zwischen beiden Reizen zu verkleinern. Kompliziert wurde allerdings hier die Erscheinung durch den konstanten Fehler in der Auffassung der Schallintensität. Von zwei gleich starken Schallreizen wird häufig der zweite um ein wenig stärker als der erste beurteilt. Handelt es sich nun um die Beurteilung der Entfernung, so zieht die scheinbar stärkere Intensität assimilativ den Eindruck nach sich, es habe sich die Schallquelle dem Beob. genähert. So trat denn die scheinbare Annäherung des Tones an das Licht leichter ein, wenn sich der Ton hinter dem Lichte, als wenn er sich vor ihm befand. Als der Schallreiz in der Entfernung von 15° rechts der Medianebene dargeboten wurde, zeigte sich kein Übergewicht einer bestimmten Schätzungsart. Der Beob. beschrieb zwar mancherlei Änderungen der Lage, die sich vornehmlich auf den Schallreiz bezogen, aber der Quotient k lag ziemlich nahe bei 1. Es ergibt sich also ein interessanter Unterschied zwischen der Auffassung der ebenmerklichen Distanz und stark übermerklichen Distanzen. Nur bei der ersten läßt sich die Verschmelzungstendenz auf die hier erprobte einfache Weise durch Wiederholung der gleichzeitigen Darbietung steigern.

Gelegentlich suchte ich auch künstlich die Täuschung dadurch zu steigern, daß ich ein beleuchtetes Telephon selbst als Lichtreiz benutzte. Ich zeigte etwa dem Beobachter in dem sonst dunklen Zimmer ein Telephon, dessen Membran durch eine dem Beobachter unsichtbare Glühlampe so beleuchtet war, daß sich der Gegenstand als Telephon erkennen ließ. Hinter diesem ließ ich, gleichfalls dem Beobachter unsichtbar, ein zweites Telephon verschieben, das in Wirklichkeit den Ton erzeugte. Sobald der Ton erklang, sah der Beobachter demnach in dem sonst dunklen Zimmer auch eine Schallquelle vor sich, und diese inhaltliche Verknüpfung konnte die bloß durch die Gleichzeitigkeit gestiftete Verschmelzungstendenz erheblich unterstützen. So stieg gelegentlich die Schwelle bei Beob. S. bis

zu 10° und 12°. Bei anderen, weniger unbefangenen Beobachtern trat indessen der erwartete Effekt nicht ein. Hatte der Beobachter einmal den Verdacht geschöpft, daß das beleuchtete Telephon nicht die Schallquelle sei, so suchte er den Ton auch dann, wenn das beleuchtete Telephon ihn wirklich hervorbrachte, irgendwo anders. Gegen die Vorstellung der inhaltlichen Verknüpfung bildet die Verschmelzungstendenz der Gleichzeitigkeit kein Gegengewicht; ihre Wirksamkeit ist zu gering, um neben jener in merkbarer Weise aufkommen zu können.

III. Räumliche Komplikation von Licht und Druck.

1. Simultanschwelle und Sukzessivschwelle.

Bei der Lokalisation von Tasteindrücken verbindet sich eine verhältnismäßig hohe Präzision der Auffassung ebenmerklicher Unterschiede mit auffallend großen konstanten Fehlschätzungen; namentlich dann, wenn zu der Hautlokalisation eine Lagewahrnehmung erforderlich ist. Wenn wir die Lokalisation eines Druckreizes bei Einwirkung eines Lichtreizes untersuchen, so wird demnach in der Regel nicht eine normale, richtige Ortsauffassung einem Täuschungseinfluß ausgesetzt, sondern wir fügen nur zu einem Komplex von Täuschungen eine neue Täuschungsbestimmung hinzu. Dabei ist zu vermuten, daß sich wegen der Nachgiebigkeit, die der Ort des Druckreizes gegen Täuschungstendenzen aller Art zeigt, auch die etwaige Täuschungstendenz eines gleichzeitigen Lichtreizes besonders deutlich manifestieren wird. Die Größe der Simultan- und Sukzessivschwelle ist sicherlich am wenigsten den konstanten Fehlschätzungen unterworfen, da es hier nur auf eine relative Lokalisation ankommt, und sich eine etwaige Neigung den einen der beiden Reize subjektiv in bestimmter Richtung zu verschieben, leicht durch Vertauschung der Raumlage eliminieren läßt. Daher begann ich die Versuche mit der Feststellung dieser Werte.

Der rechte Arm des Beob. A. ruhte in ungezwungener Haltung auf einer bequemen Unterlage. Der Tastreiz wurde durch einen elektromagnetischen Druckhebel hervorgebracht[1]); der Lichtreiz bestand in dem

[1]) Siehe die Beschreibung dieses Apparats bei G. F. Arps, Über den Anstieg der Druckempfindung, Diese Studien IV, 1908, S. 437, Fig. 1.

Bild eines leuchtenden Punktes, welches durch eine Projektionslinse auf dem Unterarm des Beobachters entworfen wurde. Eine Glühlampe war in einen Metallkasten eingeschlossen, der bis auf ein feines Loch gegenüber dem Faden der Lampe völlig lichtdicht war. Der Kasten war durch einen Kartonzylinder mit der Projektionslinse verbunden, sodaß der Beobachter nur das Bild des Punktes sah, welches senkrecht von oben auf seinen Arm fiel. Beide Apparate konnten auf beweglichen Stativen mikrometrisch gegen einander verschoben werden. Die Entfernung der beiden Reize auf dem Arme des Beobachters wurde mit einer exakten Schubleere nachgemessen. Zur wirklichen Deckung konnten die beiden Reize nicht gebracht werden, weil in diesem Falle das Bild des leuchtenden Punktes auf die Kuppe des Druckstiftes gefallen wäre. Immerhin ließen sie sich bis auf wenige Millimeter nähern; dies ist aber schon eine bei weitem unterschwellige Distanz. Eine Kombination von zwei Doppeltastern ermöglichte es, zwischen simultaner und sukzessiver Darbietung der Reize in beliebiger Reihenfolge abzuwechseln. Da gerade die Arme und Hände noch bei dem geringsten Lichtschein erkennbar sind, mußte der Experimentator in völliger Dunkelheit die Apparate handhaben. Da es außerdem schwierig war, in verschiedenen Versuchsstunden genau die nämlichen äußeren Bedingungen herzustellen, wie die Lage des Armes, die Lage der von beiden Reizen begrenzten Strecke auf der Fläche des Armes u. s. f., erschien es ratsamer, jede der in Augriff genommenen Fragen in den Versuchen einer einzigen Sitzung zur vorläufigen Entscheidung zu bringen und die Sicherheit der Entscheidung durch Wiederholung der gleichen Versuchsreihen zu erhöhen. Unter diesen Umständen war nur die Methode der Minimaländerung anwendbar. Die in jeder einzelnen Versuchsstunde gewonnenen Schwellen oder konstanten Fehlschätzungen wurden dann zu Mittelwerten vereinigt. Sämtliche Versuche dieser Gruppe, sowie der folgenden: Räumliche Komplikation von Schall und Druck, wurden mit dem Beob. A. durchgeführt.

Die gereizte Hautstelle lag auf der Volarseite des rechten Unterarmes, etwa in der Mitte zwischen Handwurzel und Ellenbogen. Die Verbindungungslinie der beiden Reize lag mit Ausnahme der Kontrollversuche stets in der Längsrichtung des Armes. Die Sukzession Licht, Druck (O,T) unterschied sich auch in der subjektiven Sicherheit des Urteils merklich von der umgekehrten (T,O). Der Beobachter bezeichnete spontan die zweite Darbietungsweise als die günstigere. Auch die Raumschwelle zwischen Licht und Druck läßt sich in eine Reihe von Schwellen zerlegen, ähnlich den verschiedenen Schwellenbegriffen, die bei der Unterscheidung zweier gleichartiger Tastreize gebildet werden können. Zwischen der eben gespürten Ausbreitung des Komplexes und der deutlichen Auffassung der Raumdistanz zwischen beiden Reizen und ihrer Richtung liegt eine ganze

Reihe von Zwischenstadien, die sich auch in der subjektiven Beobachtung unterscheiden. Judd[1]) beschreibt Versuche, bei denen zunächst ein Tastreiz einwirkte, zu dem dann in einer der Schwelle naheliegenden Distanz ein zweiter trat. Wenn die Trennung der beiden Reize nicht möglich war, trat doch eine »Verbindungsempfindung« ein. Ähnliches wurde auch hier bei den disparaten Reizen beobachtet. Die vollständige Erkennung der räumlichen Verschiedenheit ist aber der eindeutigste Inhalt eines Schwellenbegriffes; daher wurde hier überall dieser obere Grenzwert der Schwelle abgeleitet. Es ergab sich folgendes:

Simultanschwelle	$(\widehat{O, T})$:	1.2 cm
Sukzessivschwelle	(O, T):	0.8 cm
	(T, O):	0.5 cm

Die Unterschiede zwischen den beiden Sukzessivschwellen treten fast ebenso deutlich heraus, wie die Unterschied zwischen ihnen und der Simultanschwelle. Die Aufmerksamkeit war bei der simultanen Darbietung auf beide Reize verteilt, bei der sukzessiven folgte sie ungezwungen der Reihenfolge der Reize. Die Simultanschwelle zweier Tastreize war noch erheblich größer und ging nur selten unter 2 cm hinunter. Der hohe Betrag der Simultanschwelle erinnert an die allgemeinen Erfahrungen über die Störungen gleichzeitiger Reize. Bei tachistoskopischer Darbietung pflegen Komplexe aus verschiedenartigen optischen Elementen (z. B. lauter verschiedenen Zahlen) besser erkannt zu werden, als solche, in denen identische Elemente wiederkehren. In jüngster Zeit hat A. Aall z. B. festgestellt[2]), daß identische Elemente durchschnittlich weit schlechter reproduziert werden, als heterogene. Die räumliche Scheidung zweier Eindrücke können wir aber der Erkennung von Qualitäten, die sich an jeden der Eindrücke binden, äquivalent setzen. Zwischen der tachistoskopischen Erschwerung einer Formauffassung und der Abschwächung der einzelnen Formelemente bis zu ihrer Ebenmerklichkeit[3]) besteht aber ebenfalls eine große Ähnlichkeit, so daß nach

---

[1]) Wundts Philos. Stud. X, S. 409 ff.

[2]) Zur Frage der Hemmung bei der Auffassung gleicher Reize, Ztschr. f. Psych., 1908, Bd. 47, S. 1 ff.

[3]) z. B. durch Abschwächung der Konturen, vgl. die Versuche von Hempsteadt, Am. Journ. of Psych., 12, S. 185, zitiert nach Wirth, Experimentelle Analyse der Bewußtseinsphänomene, S. 75.

entsprechender Umformung die Eigentümlichkeiten tachistoskopischer Auffassung auch auf die Raumschwelle übertragen werden dürfen. Zwei gleichzeitige Tastreize sind aber ziemlich gleichartige Elemente, ein Lichtreiz und ein Tastreiz heterogene Elemente; die heterogenen müssen also in ihrer räumlichen Verschiedenheit leichter erkannt werden, als die gleichartigen. Wollte man in diesem Gedankengange eine hinreichende Interpretation des Phänomens erblicken, dann müßte z. B. auch die Simultanschwelle zweier Lichtreize größer sein als die Simultanschwelle zwischen Licht und Druck. Dieser Folgerung widerspricht aber die Erfahrung in hohem Grade. Trotz mancher Analogien läßt sich demnach das eigentümliche Verhalten der Raumschwelle aus solchen Hemmungswirkungen allein nicht ableiten.

2. Wechselseitige Ablenkung eines Licht- und eines Druckreizes.

Die Frage, wohin ein Tastreiz bei gleichzeitiger Einwirkung eines Lichtreizes lokalisiert wird, läßt sich in dieser einfachsten Form deswegen nicht behandeln, weil eine genügend sichere Bezeichnung des scheinbaren Ortes eines Tastreizes ohne neue Täuschungseinflüsse zuzulassen kaum möglich ist. So ist das Urteil darüber, ob etwa ein Tastreiz in der Mitte des Unterarmes liegt, viel zu unbestimmt, als daß eine derartige Frage den Messungen zugrunde gelegt werden könnte. Immerhin ergab sich, als der scheinbare Ort des Tastreizes auf den Unterarm bei gleichzeitiger Einwirkung des Lichtreizes annähernd beschrieben wurde, trotz mancher Täuschungen eine so starke Anziehung nach dem Orte des gleichzeitigen Lichtreizes hin, daß es zu vermuten war, diesen Einfluß auch beim sukzessiven Vergleich zweier Tastreize, mit deren einem gleichzeitig der Lichtreiz erschien, noch deutlich zu finden. Ich gab daher zunächst an einer von Versuch zu Versuch nur wenig wechselnden Stelle des Unterarmes einen Tastreiz, darauf an derselben Stelle den gleichen Reiz aber gleichzeitig mit ihm dem Ellenbogen 4 cm näher einen Lichtreiz. Im unwissentlichen Verfahren bezeichnete der Beobachter den zweiten Tastreiz als merklich von dem ersten nach dem Ellenbogen hin verschoben. Dieses Phänomen trat mit so großer Sicherheit ein, daß sich durch Verschiebung des zweiten Tastreizes die konstante Fehlschätzung und zugleich die Raumschwelle finden ließen. In weit

geringerem Grade zeigte sich die Täuschung, wenn umgekehrt der Lichtreiz einem ablenkenden Einflusse eines gleichzeitigen Tastreizes ausgesetzt wurde. Aber auch hier ließen sich die analogen Bestimmungen durchführen. So entstanden folgende Werte:

Entfernung zwischen Licht und Druck: 4 cm

Konstante Fehlschätzung des Druckreizes:	1.1 cm	Raumschwelle:	0.4 cm
» » » Lichtreizes:	0.3 cm	»	0.3 cm

Die Fehlschätzung des Tastreizes ist hier erheblich größer als die Schwelle und tritt daher besonders anschaulich heraus. Man darf mit ziemlicher Sicherheit erwarten, daß bei konstanter Lage des Tastreizes ein Beobachter unter der Induktion des Lichtreizes eine deutliche Veränderung dieses Tastreizes angibt. Die subjektive Sicherheit dieser scheinbaren Verschiebung steht in eigentümlichem Kontrast zu den objektiven Verhältnissen. Die viel schwächere Anziehung des Lichtes durch den Druckreiz gibt sich dagegen erst bei genaueren Messungen zu erkennen. Die hier gefundene Raumschwelle der beiden Tastreize ist wesentlich verschieden von der Raumschwelle sukzessiver Reize, die von Frey und Metz[1]) gleich der Distanz zweier getrennt reizbarer Tastpunkte fanden. Einerseits braucht die Unterscheidbarheit der an zwei verschiedenen Tastpunkte geknüpften Empfindungen noch nicht die Erkennung ihrer gegenseitigen Lage einzuschließen. Andererseits aber kann der gleichzeitige Lichtreiz die Bedeutung eines Störungsreizes haben und so die Raumschwelle steigern.

Ihrer Größe nach sind die oben mitgeteilten Täuschungen viel geringer, als die von Pearce[2]) angegebenen Werte, bei denen auch als Nebenreiz ein Tastreiz wirkte. Dort wurde z. B. eine Strecke von 8,5 cm durch Einwirkung eines dritten Reizes in der gleichen Entfernung um etwa die Hälfte vergrößert[3]). Sicherlich ist hier die Täuschungswirkung durch die Unvollkommenheit der taktilen Streckenauffassung begünstigt. Da es sich hier um Streckenvergleichung, nicht um absolute Lokalisation handelt, sind die Resultate quantitativ mit den meinen nicht vergleichbar. Wie sich die scheinbare Ent-

[1]) Ztschr. f. Psych., Bd. 29, S. 161.
[2]) Arch. f. d. ges. Psych., I, 1903, S. 31 ff.
[3]) l. c. S. 34.

fernung eines Licht- und eines gleichzeitigen Schallreizes zu der möglichst ohne Täuschungseinflüsse geschätzten wirklichen Entfernung verhält, daraus kann aus diesen Induktionswirkungen allein nichts geschlossen werden. Gelegentliche Beobachtungen wiesen auf eine starke Verkleinerung der Strecke gegenüber der Entfernung der auf der Haut bei Beleuchtung gezeigten Punkte hin.

3. Vergleich zwischen simultan und sukzessiv begrenzten Strecken.

Soweit die bei der absoluten Lokalisation begangenen konstanten Fehler beide Reize gleichmäßig treffen, verschwinden sie bei der Entfernungsauffassung, für die nur eine relative Lokalisation erforderlich ist. In dieser Hinsicht gibt der Vergleich von Strecken, deren Begrenzungen simultan oder sukzessiv dargeboten werden, ein ungetrübteres Bild der zwischen den Reizen wirksamen Induktionen; andererseits ist eine Strecke in zwei simultanen Reizen anders fundiert als in zwei sukzessiven. Im ersten Falle ist sie unzweifelhaft reicher mit dem Wahrnehmungscharakter ausgestattet als im zweiten, und durch diese Verschiedenheit entstehen einige Schwierigkeiten für die Beobachtung. Ich stellte die Versuche zunnächst mit einer Normaltrecke von 10 cm an. In beiden Zeitlagen wurde die simultan begrenzte Strecke mit der sukzessiv begrenzten verglichen, wobei beide Reihenfolgen (*O*, *T* und *T*, *O*) gleichmäßig behandelt wurden. Es ergab sich außer einem negativen Zeitfehler von etwa 1 cm keine konstante Fehlschätzung. Neben diesem negativen Ergebnis stand nun die Tatsache, daß sich die Simultanschwelle und die Sukzessivschwelle in hohem Grade unterscheiden. Bei den ersten Versuchen die Raumvorstellungen experimentell zu analysieren, trug man kein Bedenken, die Verhältnisse der Raumschwelle unmittelbar auf die Streckenauffassung zu übertragen. Nach den älteren Beobachtungen von Weber[1]) und Camerer[2]) sollte die Größe der vorgestellten Entfernung im direkten Verhältnisse zur Raumempfindlichkeit stehen. Später hat es sich indessen gezeigt, daß trotz der großen Verschiedenheiten der Raumschwelle in verschiedenen Gebieten der

[1]) Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch., Math. phys. Kl., 1852, S. 94.
[2]) Ztschr. f. Biologie, Bd. 23, S. 509 ff.

Körperoberfläche übermerkliche Distanzen im wesentlichen als gleich groß aufgefaßt werden. Nun ist es von vornherein eigentlich unwahrscheinlich, daß der verkleinernde Einfluß der Schwelle plötzlich verloren geht. Es ist ferner daran zu erinnern, daß bei den Urteilen über die Intensität zweier simultaner Reize dieser Einfluß der Simultaneität in ähnlicher Weise von der Entfernung der beiden Reize abhängig ist. Brückner[1]) fand hinsichtlich der Intensität bei kleinen Reizentfernungen Summation, bei großen dagegen, zwischen 6,2 cm und 8,4 cm, Subtraktion. Von diesen Überlegungen ausgehend prüfte ich eine Normalstrecke von 4 cm an der nämlichen Stelle des Unterarmes, die zur Ableitung der Schwelle gewählt worden war. Um die konstante Fehlschätzung zu eliminieren, welche nach den Beobachtungen von Pearce[2]) einen Tastreiz nach der Hand zu verschiebt, während sie möglicherweise den Lichtreiz unbeeinflußt läßt, wurden beide Raumlagen untersucht und nur das Mittel aus ihnen mitgeteilt.

Die Variation der Vergleichsstrecke wurde teils durch Verschiebung des Lichtreizes, teils durch eine entgegengesetzt gerichtete Verschiebung des Tastreizes hervorgebracht. Zwischen beiden Variationsweisen zeigte sich kein merklicher Unterschied. Um bei der sukzessiven Darbietung den Einfluß der Reihenfolge auszuschalten, wurde anfänglich zugleich mit der simultan begrenzten Strecke die sukzessiv begrenzte nacheinander in beiden Reihenfolgen (O, T und T, O) dargeboten. Hierbei fand aber der Beobachter die Strecke (T, O) merklich größer als (O, T). Es mußten daher die Strecken (O, T) und (T, O) als verschiedenartige Vergleichsstrecken behandelt werden. Ich ließ nun jede dieser Strecken in beiden Zeitlagen mit der Strecke (T, O) vergleichen, und gelangte dabei zu folgenden Ergebnissen:

Entfernung von Licht und Druck: 4 cm

			Unterschiedsschwelle:
Strecke $(\overset{\frown}{O, T})$ = Strecke (T, O) — 0.9 cm.	Zeitfehler: — 0.3 cm.		0.2 cm
» $(\overset{\frown}{O, T})$ = » (O, T) + 0.2 cm.	» — 0.2 cm.		0.3 cm
» (O, T) = » (T, O) — 0.9 cm.	» — 0.4 cm.		0.4 cm

[1]) Ztschr. f. Psych., Bd. 26, S. 33 ff.

[2]) Psych. Rev., Bd. IX, S. 340.

Für die Differenz zwischen den Strecken (O, T) und (T, O) wäre aus den beiden ersten Gleichungen ein bestimmter Wert vorzuschreiben, wenn die Täuschungsgrößen allgemein algebraisch verknüpfbar wären. Geiger hat einen hierfür maßgebenden Satz nachweisen können, den er den Unabhängigkeitssatz nannte; es handelte sich in seinen Versuchen um die Vergleichung von Raumstrecken, die bestimmten Täuschungseinflüssen ausgesetzt waren. Er nennt die Gegenstände, mit denen sich die Psychologie beschäftigt, phänomenale Gegenstände, d. h. dem Gegenstande werden die Qualitäten in der Abschattung zugesprochen, in der sie sich dem Beobachter darstellen. Von ihrer Quantität nun gilt folgender Satz[1]: Hat ein phänomenaler Gegenstand mit einem zweiten gleiche Quantität, so hat er auch gleiche Quantität mit jedem phänomenalen Gegenstande, der mit diesem gleiche Quantität hat. Dieser interessante Satz ist von Geiger an Beispielen bestätigt worden, bei denen die Quantität des phänomenalen Gegenstandes, in diesem Falle die Größe einer Strecke, in sehr gleichmäßiger Weise in den Empfindungsinhalten fundiert war. Die Gleichartigkeit des Vergleichsprozesses war demnach ziemlich gesichert; es erhellt aber noch nicht, wie weit dieser Satz seine Gültigkeit behält, wenn die Quantität der phänomenalen Gegenstände in sehr verschiedener Weise in den Empfindungsinhalten fundiert ist. Außerdem könnte man z. B. bereits in dem Auftreten des Zeitfehlers eine Schwierigkeit finden. Wenn ich bei dem Vergleich zweier sukzessiv gebotener Reize R_1 und R_2 in dieser Reihenfolge einen Zeitfehler $R_1 — R_2$ finde, so kann dieser auf verschiedene Bedingungen zurückgeführt werden; aber immer setzen wir voraus, daß die gleiche Differenz auch dann zu beobachten sein wird, wenn ich R_2 vorausgehen lasse. R_1 und R_2, z. B. zwei in ihrer Intensität etwas verschiedene, sonst aber völlig gleiche Gehörsreize, unterscheiden sich ja nur um diesen Betrag des Zeitfehlers. Nicht das Gleiche aber gilt, wenn ich Strecken vergleichen lasse, die in so verschiedener Weise in den Empfindungsinhalten fundiert sind, wie bei diesen Versuchen. Hier wäre es denkbar, daß eine simultane Strecke S in ganz anderer Weise einem Zeitfehler Δ unterworfen sei, wie eine sukzessiv begrenzte S'. Wenn einmal die Gleichung

[1] Geiger, a. a. O., S. 398.

gefunden ist: $S_1 + \Delta_1 = S_1'$, worin S_1 vorausging, so kann bei Vorausgehen von S' gefunden werden $S_1' + \Delta_2 = S_2$. Es ist nun nicht ohne weiteres statthaft, die Täuschungsgröße gleich der halben Differenz der Werte Δ_1 und Δ_2, und den Zeitfehler gleich ihrer halben Summe zu setzen. Dies müßte als eine besondere Erfahrungstatsache nachgewiesen sein. In meinen Versuchen habe ich angenommen, daß eine solche Trennung von Täuschungsgröße und Zeitfehler möglich sei, und konnte so den Schätzungswert anscheinend von dem Zeitfehler befreien; da aber die so gewonnenen Zeitfehler in den drei Gleichungen verschieden sind, je nachdem ob ungleichartig oder gleichartig begrenzte Strecken verglichen werden, so ist es wohl geboten, die phänomenale Größe einer solchen Strecke, die sie im Vergleiche mit einer anderen hat unter Hinzurechnung des Zeitfehler zu bestimmen; sie ist dann ein Ausdruck von der Form: $S + \tau + \Delta$, wo S die Strecke in linearem Maße, τ die Täuschungswirkung, und Δ der Zeitfehler ist. Bilde ich auf diese Weise aus den oben mitgeteilten Werten die phänomenalen Größen der Strecken, so erhalte ich folgende Reihe:

$$\begin{aligned} (\widehat{O,T}) + 0.9 + 0.3 &= (T, O) \\ (\widehat{O,T}) - 0.2 + 0.2 &= (O, T) \\ (O, T) + 0.9 + 0.4 &= (T, O) \end{aligned}$$

Nach diesen Gleichungen ergibt sich für die Differenz von (O, T) und (T, O) mit befriedigender Genauigkeit derselbe Wert aus ihrer direkten Bestimmung, wie aus dem jedesmaligen Vergleich mit $(\widehat{O, T})$. Hier würde also der obengenannte Unabhängigkeitssatz zutreffen; es ist aber auch bei dieser Berechnungsweise den besonderen Vergleichsbedingungen Rechnung getragen, wodurch eben doch die allgemeine Gültigkeit jenes Satzes eingeschränkt wird.

Die Unterschiedsschwellen sind wenig eindeutig. Sie sind aus einer summarischen Behandlung der Versuche, in denen bald der Lichtreiz, bald der Tastreiz oder auch beide Reize verschoben wurden, abgeleitet worden, um annähernd die Präzision der Auffassung zu charakterisieren. Es wäre ein interessantes Problem für sich, systematisch die Unterschiedsempfindlichkeit für Strecken zu untersuchen, die durch disparate Reize begrenzt sind, wobei diese disparaten Reize sich in ihren Raumschwellen merklich unterscheiden. Hier sollte die

Unterschiedsschwelle nur dazu dienen, einigermaßen den numerischen Betrag der konstanten Fehlschätzungen einschätzen zu können. Ohne Angabe irgendeiner Präzision der Messung könnte man alle diese Beträge noch als zufällige Beobachtungsfehler ansehen.

4. Der Einfluß wiederholter gleichzeitiger Darbietungen.

Der bei der Komplikation von Licht und Schall beobachtete Einfluß wiederholter gleichzeitiger Darbietungen läßt sich nach der gleichen Methode auch bei der Komplikation von Licht und Druck prüfen. Wenn überhaupt bei der Bildung eines Systems von Lokalzeichen, soweit es dazu dient, Tasteindrücke in den Gesichtsraum einzuordnen, das zeitliche Verhältnis zwischen den fraglichen Tast- und Gesichtsempfindungen im Spiele ist, dann läßt sich auch durch experimentelle Regelung der zeitlichen Verhältnisse willkürlich eine lokale und temporäre Umbildung dieses Systems erzielen. Ich gab zunächst die beiden Reize in konstanter übermerklicher Entfernung gleichzeitig etwa 10 mal oder 20 mal in gleichen Intervallen nacheinander, und fragte, wie sich die Entfernung der beiden Reize während der ganzen Reihe verändert habe. Die Aussagen waren schwankend, neigten aber zu einer Verkleinerung der Strecke. Exaktere Bedingungen lagen dann vor, wenn die Darbietungen nur solange wiederholt wurden, bis der Beobachter zum ersten Male spontan eine Veränderung angab, und damit die Reihe abbrach. Die Pausen zwischen je 2 Versuchen einer solchen Reihe betrugen 4 Sekunden und wurden durch die Schläge eines Metronoms geregelt. Hierbei wurde fast ausnahmslos eine Vergrößerung der Strecke angegeben und zwar geschah dies durchschnittlich nach 8 bis 10 Versuchen. Vermutlich beruht dieses Verhalten auf dem negativen Zeitfehler, der ja auch früher bei den einfachen Vergleichungen beobachtet wurde. Zum Vergleiche stellte ich Versuche mit wiederholter sukzessiver Darbietung an; auch hier wurde mit Vorliebe eine Vergrößerung angegeben und zwar durchschnittlich schon nach 4 Versuchen. Der erwartete Effekt blieb also jedenfalls aus. Mag dies nun bloß auf dem Einfluß des Zeitfehlers beruhen oder auf noch tieferliegenden besonderen Bedingungen der Streckenauffassung, so empfahlen sich jedenfalls Versuche mit einer ebenmerklichen Distanz der beiden Reize. Ich bestimmte an einer beliebigen Stelle

des Unterarmes eine Entfernung, bei welcher die Reize nach erstmaliger Darbietung noch gerade getrennt werden konnten. Dann wurden wieder bei völliger Unwissentlichkeit des Beobachters die simultanen Darbietungen solange wiederholt, bis eine scheinbare Veränderung angegeben wurde und nun trat ebenso wie bei der Komplikation von Licht und Schall der vermutete Erfolg ein: nach durchschnittlich 10 bis 15 Versuchen fielen beide Reize an dieselbe Stelle des Raumes. Manchesmal beschrieb der Beobachter auch eine Drehung des Tastreizes um den Lichtreiz, die nicht immer zu einer völligen Deckung der beiden Reize führte. Aber es machte ganz den Eindruck, als wenn der Tastreiz gegen einen allmählich immer mehr nachgebenden Widerstand in das Licht hineingezogen würde. Da bei diesen scheinbaren Veränderungen sehr verschiedenartige Veränderungsrichtungen vorkamen, wie Änderung der Entfernung, Drehung der Reize umeinander, Verschiebung beider Reize im Raume usf., so verzichtete ich darauf, das Verhältnis der Annäherungs- zu den Entfernungsurteilen wie oben quantitativ anzugeben. Die völlige Vereinheitlichung der beiden Reize braucht während der Zeit, in der die Aufmerksamkeit mit voller Frische den Versuchen zu folgen vermag, nicht immer erreicht zu werden. Aber daß die wiederholte simultane Darbietung die räumliche Unterscheidung der beiden Reize immer mehr schwächt, daran ließen die Versuche keinen Zweifel. Es wäre noch daran zu denken, daß nur das unwillkürliche Nachlassen der Aufmerksamkeitsspannung eine Erhöhung der Schwelle nach sich gezogen habe. Ich führte deswegen unter den gleichen Bedingungen einige Reihen mit einer bei sukzessiver Darbietung gerade noch merklichen Entfernung aus. Bis zu 20 Darbietungen konnte manchmal der Beobachter mit Aufmerksamkeit verfolgen, aber eine scheinbare Änderung der Entfernung trat in dieser Zeit nicht ein. Das Verschwinden eines anfänglich merklichen Unterschiedes bei wiederholter simultaner Darbietung kann demnach mit Sicherheit auf den Einfluß der Gleichzeitigkeit zurückgeführt werden. Es mag hier an das zentripetale Gesetz erinnert werden, welches Spearman für sukzessive Tastreize gefunden hat[1]): »Folgen an benachbarten Stellen mehrere Lokalisationsversuche nacheinander, so

[1]) Die Normaltäuschungen in der Lagewahrnehmung, Diese Studien I, 1905, S. 426 u. 488.

entwickelt sich allmählich eine starke, dauerhafte Verschiebung der Lokalisationstendenz nach dem Zentrum des gereizten Hautgebietes zu.« Sollte sich die besprochene Erscheinung daraus erklären, daß dieses Gesetz auch für disparate Reize gültig sei, so müßte auch bei sukzessiver Darbietung der ebenmerklichen Distanz mit der Zeit eine Verschmelzung auftreten. Immerhin unterstützt vielleicht diese Spearmansche Täuschungstendenz noch den Einfluß der Gleichzeitigkeit und gelegentliche Beobachtungen an Strecken von 3 cm, bei denen nach einer größeren Zahl von Versuchen, die sich etwa über eine halbe Stunde erstreckt hatten, eine Verkleinerung der Strecke angegeben wurde, wiesen darauf hin, daß das zentripetale Gesetz vielleicht auch für disparate Reize von Bedeutung ist.

Der stärkere Einfluß des Lichtreizes, der sich schon in den Versuchen über die wechselseitige Ablenkung gezeigt hatte, gelangte auch hier darin zum Ausdruck, daß der allmählich scheinbar im Raume wandernde Reiz fast stets der Tastreiz war. Dieses Verhalten ist aus der größeren Sicherheit der optischen Lokalisation verständlich. Durch die wiederholte gleichzeitige Darbietung entsteht eine sicherlich sehr schwache, aber doch nachweisbare Umbildung des Lokalzeichensystems der Tasteindrücke, die gewiß sehr flüchtig ist, und sich unmittelbar nach den Versuchen wieder verliert. Begünstigt wird die Täuschung außerdem durch die ziemlich hohen Anforderungen an die Spannung der Aufmerksamkeit. Bei allen derartigen Versuchen, z. B. auch bei denen über die Zeitschwellen disparater Reize kommt die objektive richtige Auffassung dann zustande, wenn die Aufmerksamkeit möglichst ungezwungen und gleichsam diffus den Eindrücken zugewendet ist. Insofern also sind diese Erscheinungen auch als ein Aufmerksamkeitsphänomen zu deuten. Wenn die sukzessive Darbietung keine nachweisbare Täuschung nach sich zog, so liegt dies eben daran, daß sie viel geringere Anforderungen an die Einheitlichkeit des Apperzeptionsaktes stellt, als die simultane.

IV. Räumliche Komplikation von Schall und Druck.

1. Simultanschwelle und Sukzessivschwelle.

Dieselben Fragestellungen, die bei der räumlichen Komplikation von Licht und Druck zugrunde gelegen hatten, wurden endlich auf

die Kombination von Schall und Druck übertragen. Der Tastreiz wurde annähernd an derselben Stelle des Vorderarmes, wie früher, hervorgebracht. Der Beobachter sah in ungezwungener Haltung nach dieser Stelle so hin, daß sie in die Medianebene zu liegen kam. Dicht hinter dem Arme stand das Telephon. Bei Verschiebungen rückte der Ton aus der Sagittalebene heraus, und es herrschten somit für die Auffassung der Schallverschiebungen dieselben optimalen Bedingungen, wie bei der Untersuchung der Komplikation von Licht und Schall. Nachdem der Beobachter diese Stellung eingenommen hatte, wurde der Kopf durch eine Kinnstütze fixiert, und seine Augen mit einem leichten Tuch verbunden. Die Kombination Schall-Druck unterscheidet sich von den bisher geprüften vor allem dadurch, daß hier beide disparate Reize erst der Eintragung in den Gesichtsraum bedürfen. Es wird nicht der Schallreiz in einen Tastraum eingetragen oder umgekehrt, sondern das Mittelglied bildet auch hier der Gesichtsraum. Die Stelle, an welcher Druck und Schall zusammenfallen, ist stets durch ein Gesichtsbild in der Vorstellung repräsentiert. Dies ist eine Tatsache der Selbstbeobachtung, die als solche unabhängig von irgend welchen Raumtheorien ist. Nach der Methode minimaler Änderungen fanden sich folgende Werte:

Simultanschwelle	$(\widehat{A, T})$:	3,5 cm
Sukzessivschwelle	(A, T):	1.3 cm
	(T, A):	0.9 cm

Hierbei wurde teils der Schallreiz, teils der Tastreiz verschoben. Die Sicherheit des Urteils war nach der spontanen Aussage des Beobachters bei der Sukzession (T, A) größer als bei der Sukzession (A, T); ihr entsprechen die objektiven Ergebnisse. Der Beobachter wußte auch hier, daß der Ton nicht in die Tiefe rückte, sondern nur parallel zu einem Unterarm verschoben wurde, daß also nur Urteile über eine Verschiebung nach rechts oder links in Frage kamen. Bei unterschwelligen Entfernungen der beiden Reize wurde die größere Tiefendistanz des Tones nicht bemerkt. Die beiden Reize schienen, wenn man sich einigermaßen in die durch den Versuchsgedanken suggerierte Vorstellung eingelebt hatte, wirklich von derselben Stelle des Unterarmes herzukommen.

2. Wechselseitige Ablenkung eines Schall- und eines Druckreizes.

Um die Täuschungswirkung des Nebenreizes herauszustellen, mußten hier besonders sorgfältig die Einflüsse der Raum- und Zeitlage eliminiert werden. Ich gab zunächst den Tastreiz allein, dann in der Entfernung von 4 cm gleichzeitig mit ihm den Schallreiz und bestimmte den Schätzungsfehler, einmal, wenn der Schallreiz proximal, und sodann, wenn er distal zu dem Tastreize lag; das gleiche wurde dann in der umgekehrten Zeitlage, bei welcher die simultane Darbietung voranging, ausgeführt. Die Mittelwerte aus beiden Raum- und Zeitlagen sind folgende:

Entfernung von Schall und Druck: 4 cm

Konstante Fehlschätzung des Tastreizes: 0.7 cm; Raumschwelle: 0.9 cm
» » » Schallreizes: 0.5 cm; » 2.3 cm

3. Vergleich zwischen simultan und sukzessiv begrenzten Strecken.

Nach den früheren Erfahrungen wurde zu diesen Versuchen dieselbe Strecke von 4 cm gewählt. Dasselbe Versuchsverfahren, welches bei der Kombination von Licht und Druck gehandhabt worden war, führte zu folgenden Werten.

Entfernung von Schall und Druck: 4 cm.

Strecke $(\widehat{A, T})$ = Strecke (T, A) — 0.6 cm.	Zeitfehler: + 1.2 cm.	Unterschiedsschwelle:	1.8 cm
» $(\widehat{A, T})$ = » (A, T) + 0.2 cm.	» + 0.5 cm.	»	1.2 cm
» $(\widehat{T, A})$ = » (A, T) + 1.1 cm.	» + 1.7 cm.	»	2.0 cm

Diese Vergleiche waren mit erheblichen subjektiven Schwierigkeiten verknüpft. Schon der positive Zeitfehler ist eine anormale Erscheinung. Zu erwarten war, wie früher bei den Strecken Licht-Druck, ein negativer Zeitfehler, der sich in der Regel auch sonst beim Vergleich homogener Strecken einstellt[1]). Wegen dieser Unregelmäßigkeit eignen sich die Versuche auch wenig zur Prüfung des

[1]) Vgl. z. B. Radoslawow Hadji Denkow, Unters. üb. d. Gedächtnis f. räuml. Distanzen d. Gesichtssinnes, in Wundt, Phil. Stud. XV, S. 318. Hier ist bei den kleinen Zwischenzeiten, die denen gewöhnlicher sukzessiver Darbietungen naheliegen, die obere Schwelle im allgemeinen kleiner als die untere.

oben besprochenen Unabhängigkeitssatzes. Die Differenz von (T, A) und (A, T) weicht von der aus dem Vergleich jeder dieser Strecken mit $(\widehat{A, T})$ resultierenden Differenz ab; die Berücksichtigung des Zeitfehlers erhöht die Abweichung. Ich glaube, die Bedingungen für die Auffassung einer Strecke müssen günstiger sein, um quantitativ diese immerhin diffizilen Beziehungen heraustreten zu lassen, als hier, wo der Beobachter manchesmal sich direkt weigerte, ein Urteil über die Entfernung abzugeben.

4. Einige Versuche über Komplikation von Licht, Schall und Druck.

In einer letzten Gruppe von Versuchen waren zwei disparate Reize wirksam. Wenn die Täuschungswirkung jedes einzelnen dieser disparaten Nebenreize bekannt ist, dann läßt sich auch über ihr Zusammenwirken von vornherein eine bestimmte Vermutung hegen. Der wirkliche Ausfall der Täuschung würde insbesondere darüber Aufschluß geben, ob die Täuschungswirkungen von Nebenreizen, die bei gegebener Entfernung durch eine bestimmte lineare Distanz ausdrückbar sind, sich beliebig algebraisch verknüpfen lassen. Da der Tastreiz sich als derjenige erwiesen hatte, welcher den räumlichen Induktionen am meisten unterliegt, wurde an ihm diese Frage geprüft. In gleicher Entfernung, aber in entgegengesetzter Richtung, wirkte bald das Licht, bald der Schall induzierend auf ihn ein. Die Entfernung der beiden disparaten Nebenreize betrug 8 cm, so daß bei Verschiebungen des zunächst in der Mitte liegenden Tastreizes die Entfernung des Nebenreizes mit der früher bei den einfachen Bestimmungen der Ablenkung verwendeten übereinstimmte. Ich gab zunächst $(\widehat{O, T})$; dann wurde T soweit nach O verschoben, bis T bei der Darbietung $(\widehat{A, T})$ an derselben Stelle, wie bei $(\widehat{O, T})$ zu liegen schien. Diese Distanz fand sich zu 1.2 cm. Bei der umgekehrten Zeitlage ergab sich 1.3 cm. Das Urteil des Beobachters bezog sich stets auf die Lage, die der Tastreiz in beiden Versuchen gehabt hatte. Die mittlere Strecke von 1.25 cm wäre demnach als Summation der beiden Täuschungswirkungen aufzufassen. Unter den gleichen Bedingungen war für die Induktion des optischen Reizes allein auf den Tastreiz 1.1 cm, für die des akustischen 0.6 cm ge-

funden worden. Die Summation der Täuschungswirkungen bleibt demnach hinter der Summe der Einzelwirkungen merklich zurück.

Man mag diese Differenz auf Unsicherheiten der Beobachtung schieben, wahrscheinlicher ist es indessen von vornherein, daß sich Täuschungen dieser Art keineswegs ohne weiteres additiv verknüpfen lassen. Die Gültigkeit eines Unabhängigkeitssatzes im Geigerschen Sinne wäre auch für diese Frage fundamental. Geiger hat den Satz nur für homogene Strecken nachgewiesen; ob er auch für Verschiebungen eines Punktes im Raume gilt, steht dahin. Wir müssen mit der Möglichkeit rechnen, daß in den beiden Fällen die Täuschungsbedingungen andere sind. Im ersten wird durch die Täuschungstendenz eine Auffassung beeinflußt, deren normale Präzision in einer Unterschiedsschwelle zum Ausdruck kommt; im zweiten Falle steht der Täuschungstendenz eine absolute Empfindlichkeit, eine Raumempfindlichkeit entgegen. Es ist aber durchaus nicht notwendig, daß der Widerstand, den, bildlich gesprochen, die Unterschiedsempfindlichkeit für die optische Strecke einem Täuschungseinfluß entgegensetzt, genau so bei einer absoluten Empfindlichkeit sich verhält. Wir könnten uns denken, daß die scheinbare Verschiebung eines Tasteindruckes um das Doppelte nicht die doppelte Täuchungstendenz, sondern eine beliebig höhere verlangt. Wir nennen zwei Täuschungstendenzen dann gleich, wenn sie unter sonst übereinstimmenden Bedingungen die gleichen Ablenkungen hervorbringen, und wir lassen die Täuschungstendenzen im selben Sinne sich verändern, wie die Ablenkungen, d. h. mit wachsender Ablenkung wächst auch die Täuschungstendenz und umgekehrt. Damit sind aber die exakten Angaben erschöpft. Es ist eine ganz spezielle und vorläufige Annahme, wenn man die Täuschungstendenzen den Ablenkungen proportional setzt. Man könnte geneigt sein, den Widerstand, den ein Punkt der Täuschungstendenz entgegensetzt, nicht proportional seiner Ablenkung zu setzen, sondern ihn schneller wachsen zu lassen; wir haben es gleichsam im Gefühl, daß dieser Widerstand rascher ansteigt. Aber das Gesetz, das hier waltet, kann nur durch systematische Zusammensetzung und Prüfung solcher Täuschungswirkungen erforscht werden.

Überdies ist diese komplexe Täuschungstendenz selbst noch aus einem besonderen Grunde kleiner als die Summe der Einzeltäuschungen.

Stets sind nämlich auch die sukzessiven Induktionen mit im Spiel; so wirkt in der ersten Zeitlage die sukzessive Induktion des Lichtreizes noch auf den akustischen Lichtreiz nach, der seinerseits eine simultane Induktion auf den Tastreiz im umgekehrten Sinne ausüben soll; und analoges gilt für die umgekehrte Zeitlage. Die Bedingungen sind demnach hier sehr verwickelt; schärfere Bestimmungen über die räumliche Komplikation dreier Reize ließen sich nur bei systematisch variierter Richtung der Aufmerksamkeit vornehmen, und dieses führt auf eine neue und ausgedehnte Gruppe von Problemen.

V. Besprechung der Ergebnisse.

1. Die räumlichen Induktionen von Licht, Schall, Druck.

a) Quantitative Vergleiche.

Drei Versuchsgruppen ließen sich für alle Kombinationen der drei Reize Licht, Schall und Druck in vergleichbarer Weise durchführen: die Beziehung der Simultanschwelle und Sukzessivschwelle, die konstante Fehlschätzung eines Reizes unter der Induktion eines Nebenreizes, und der Schätzungswert einer durch disparate Reize begrenzten Strecke je nach der Darbietung ihrer Begrenzungen. Aus den Zahlenwerten können wir folgende Regel ableiten:

Schwelle	$(\widehat{O, A})$	> Schwelle	(O, A)	> Schwelle	(A, O)
»	$(\widehat{O, T})$	> »	(O, T)	> »	(T, O)
»	$(\widehat{A, T})$	> »	(A, T)	> »	(T, A)

Bei dem sukzessiven Verfahren gibt ohne Zweifel der anziehende Einfluß des vorausgehenden Reizes den Ausschlag. Die rückwirkende Anziehung des zweiten ist wahrscheinlich geringer; denn sie muß eine ohne Störung vollzogene Lokalisation nachträglich beeinflussen, während im anderen Falle der Lokalisationsvorgang von vornherein unter einem Täuschungseinflusse steht. Unter dieser Voraussetzung ordnen sich nach der Größe ihrer Anziehung im sukzessiven Verfahren die drei Reize in folgende Reihe: Licht, Schall, Druck.

Eine Übersicht über die Induktionswirkungen aller drei Sinnesgebiete läßt sich zweitens aus den Bestimmungen der konstanten Fehlschätzungen gewinnen. Diese können nach ihrer Größe eindeutig in eine Reihe geordnet werden. Der Reiz, auf den die In-

duktion ausgeübt wird, soll durch einen Index an dem induzierenden Reiz bezeichnet werden: O_t z. B. ist die ablenkende Wirkung, die die ein gleichzeitiger optischer Reiz auf einen taktilen ausübt; T_o die Wirkung eines taktilen auf einen optischen u. s. f. Nach diesem Prinzip ordnen sich die Reize in folgende Reihe:

$$O_t > O_a > A_t > T_a > A_o > T_o.$$

Diese Anordnung ist mit einem übertragenen Ausdruck eine Spannungsreihe. Je weiter zwei Glieder in der Reihe auseinander stehen, umso größer ist die Differenz zwischen den in ihnen ausgesprochenen Induktionswirkungen. Zwischen O_t und T_o, dem Anfangs- und dem Endgliede der Reihe, wird sie am größten, d. h. der Lichtreiz übt auf den Tastreiz die größte Induktion, dieser aber auf den Lichtreiz die kleinste aus.

Die Eigentümlichkeiten der Streckenvergleichung lassen sich in folgender Zusammenstellung veranschaulichen.

$$\begin{array}{lll} \text{Strecke } (\widehat{O, A}) \leqq \text{Strecke } (O, A) < \text{Strecke } (A, O) \\ \text{» } (\widehat{O, T}) \leqq \text{ » } (O, T) < \text{ » } (T, O) \\ \text{» } (\widehat{A, T}) \leqq \text{ » } (A, T) < \text{ » } (T, A) \end{array}$$

Wenn eine Strecke von zwei disparaten Reizen begrenzt wird, so erscheint die simultane Darbietung stets kleiner als diejenige sukzessive, bei welcher der schwächer induzierende Reiz vorangeht. Geht aber bei der Sukzession der stärker induzierende Reiz voran, so läßt sich keine konstante Fehlschätzung nachweisen.

b) Numerische Bestimmungen.

Die Ermittelungen über die konstante Fehlschätzung eines Reizes bei gleichzeitiger Einwirkung eines disparaten Nebenreizes sind am leichtesten der numerischen Vergleichung zugänglich. Bei gleicher Intensität und gleicher Entfernung der Reize sind hier alle binären Kombinationen experimentell geprüft worden. Ich stelle zunächst die Zahlen nochmals zusammen:

Entfernung von Haupt- und Nebenreiz: 4 cm.

Induzierender Reiz	Induzierter Reiz	Fehlschätzung	Raumschwelle des induzierten Reizes
Licht	Schall	0.9 cm	1.2 cm
Schall	Licht	0.4 »	0.3 »
Licht	Druck	1.1 »	0.4 »
Druck	Licht	0.3 »	0.3 »
Schall	Druck	0.7 »	0.9 »
Druck	Schall	0.5 »	2.3 »

Die Fehlschätzung ist in jedem einzelnen Falle durch die Anziehung des induzierenden Reizes und den Widerstand des induzierten bestimmt. Wenn derselbe Reiz auf zwei verschiedene unter sonst gleichen Bedingungen induzierend einwirkt, können die erhaltenen Ablenkungen dem Widerstande der induzierten Reize umgekehrt proportional gesetzt werden; und umgekehrt: wenn verschiedene induzierende Reize auf denselben Hauptreiz einwirken, können die Fehlschätzungen der induzierenden Kraft proportional gesetzt werden. Nach welchem Gesetz die Täuschungstendenz sich verändert, wenn bei einem Reize verschieden starke Ablenkungen beobachtet werden, darüber ist uns nichts bekannt. Die Annahme, daß die Ablenkung den Täuschungstendenzen proportional sei und den Widerständen reziprok, ist eine willkürliche Festsetzung. Erstens aber ist zu bemerken, daß es sich hier nur um einen Vergleich der von einer zunächst unbekannten Täuschungstendenz ausgeübten Wirkungen handelt und ein solcher Vergleich wäre auch dann möglich, wenn für die Abhängigkeit zwischen Täuschungstendenz und Ablenkung eine beliebige andere Funktion gewählt würde. Z. B. könnte man die Täuschungstendenz T, wenn die Ablenkung d ist, mit $f(d)$ wachsen lassen, sodaß $T = f(d)$. Nur müßte die für die Täuschungstendenz T gewählte Funktion auch den Widerstand W bestimmen; es müßte also sein $W = \frac{1}{f(d)}$. Zweitens handelt es sich hier nur um kleine Unterschiede, bei denen sich alle Funktionen der Proportionalität nähern. Nach diesen Regeln läßt sich das Verhältnis der induzierenden Kräfte und das der Widerstände je zweier disparater Reize angeben. Die Einheit sei durch den optischen Reiz gegeben, dann wird je eine Gleichung in beiden Gruppen zur Kontrollgleichung und es resultieren durch Ausgleichung folgende Zahlen:

	Licht	Schall	Druck
Induzierende Kraft:	1	0.67	0.52
Widerstand:	1	0.65	0.54

Die nahe Übereinstimmung zwischen den für die induzierende Kraft und für den Widerstand erhaltenen Zahlen berechtigt zu dem Schluß, daß wir es hier mit derselben Eigentümlichkeit des Reizes zu tun haben. Es läßt sich dies zu dem Satz formulieren: »Je stärker ein Reiz einen gleichzeitigen disparaten Reiz räumlich zu induzieren

vermag, um so stärker ist auch seine Widerstandsfähigkeit gegen eine auf ihn selbst ausgeübte Induktion.«

In einer früheren Arbeit [1]) gelangte ich zu einer Bestimmung des mittleren Klarheitsgrades der drei disparaten Reize, der bei verschiedener Verteilung der Aufmerksamkeit innerhalb 15 Sekunden herrschte. Da jeder der drei Reize in einer Versuchsgruppe zum beachteten erhoben wurde, läßt sich das Mittel der drei Verteilungsformen bilden.

Klarheitsgrade:	Licht	Schall	Druck
1. Mittelwert der drei Verteilungsformen:	1	0.91	0.87
2. Beachtung des Lichts:	1	0.68	0.59

Die Reihe 2 stimmt mit der obigen so nahe überein, daß wir auch hier eine gemeinsame Eigentümlichkeit vermuten dürfen. Bei der künstlichen Mittelbildung in Reihe 1 sind die Unterschiede viel geringer. In der natürlichen Verteilungsform dominiert aber stets der Lichtreiz, so daß durch ausdrückliche Beachtung dieses Lichtreizes wenig an dem natürlichen Verhalten der Aufmerksamkeit geändert wird. Diese Analogie zwischen den Klarheitsgraden und Induktionsgraden der drei Reize weist besonders eindrücklich darauf hin, daß die Tatsache der räumlichen Induktion als zentral bedingt anzusehen ist. Es verdient noch besonders die Tatsache hergehoben zu werden, daß jeder der drei Reize als induzierender Nebenreiz eine nachweisbare Wirkung ausübt. Man könnte vielleicht, nachdem einmal zugegeben worden ist, daß Schall und Druck ihre Lokalisation in der Hauptsache der Eintragung in den Gesichtsraum verdanken, erwarten, daß sie deswegen auf einen Lichtreiz nicht induzierend einwirken. Die assimilative Eintragung verleiht indessen der Stelle im Raum denselben Wahrnehmungscharakter, wie bei einem Lichtreiz.

Auch die für die Simultanschwelle und Sukzessivschwelle erhaltenen Werte legen eine numerische Vergleichung nahe, obgleich hier keine so durchsichtigen Beziehungen vorliegen. Für die Schwellen zwischen *O* u. *A* nehme ich den Mittelwert sämtlicher Beobachter; für die Schwellen zwischen *O* u. *T* und *A* u. *T* das Zahlenmaterial des Beob. A.

Das Verhältnis der Simultanschwelle zu den Sukzessivschwellen

---

[1]) Untersuchungen über den Verlauf der Aufmerksamkeit bei einfachen und mehrfachen Reizen. Diese Studien IV, 1908, S. 351.

$$\frac{\text{Schwelle } (O, \widehat{A})}{\text{Schwelle } (O, A)} = 1.2 \qquad \frac{\text{Schwelle } (O, \widehat{T})}{\text{Schwelle } (O, T)} = 1.5 \qquad \frac{\text{Schwelle } (A, \widehat{T})}{\text{Schwelle } (A, T)} = 2.7$$

$$\frac{\text{Schwelle } (O, \widehat{A})}{\text{Schwelle } (A, O)} = 1.5 \qquad \frac{\text{Schwelle } (O, \widehat{T})}{\text{Schwelle } (T, O)} = 2.4 \qquad \frac{\text{Schwelle } (A, \widehat{T})}{\text{Schwelle } (T, A)} = 3.9$$

ist zwar überall größer als 1; aber die einzelnen Werte, die zwischen 1.2 und 3.9 liegen, sind doch numerisch zu sehr verschieden, um den Grad, um welchen die räumliche Unterscheidungsfähigkeit durch die Gleichzeitigkeit gemindert wird, näher angeben zu können. Aus den beiden Sukzessivschwellen, zu denen jede binäre Kombination der Reize führt, kann das Verhältnis der sukzessiven Induktion des jeweils vorangehenden Reizes abgeleitet werden; es ergibt sich:

	Licht	Schall	Druck
Sukzessivinduktion:	1	0.85	0.59

Wenn aber die Sukzessivschwelle als proportional mit dem Verhältnis zwischen der induzierenden Kraft des vorangehenden Reizes und dem Widerstande des nachfolgenden aufgefaßt wird, dann wird jedes Glied einer nach diesem Prinzip gebildeten Reihe annähernd gleich der Wurzel aus dem früheren. Dem Widerstand des nachfolgenden Reizes kann auch eine anschauliche Bedeutung beigelegt werden, wenn man ihn als eine Induktion bezeichnet, die der folgende Reiz auf den vorangehenden ausübt. Diese Reihe lautet dann:

	Licht	Schall	Druck
Sukzessivinduktion:	1	0.92	0.77

Beide Reihen entsprechen hinreichend der oben aus den konstanten Fehlschätzungen abgeleiteten, so daß wir ein Recht haben, dieses Verhalten der Schwelle auf dieselben Eigentümlichkeiten der Reize, auf ihre räumliche Induktion zurückzuführen.

Zur zahlenmäßigen Vergleichung fordern endlich auch die Versuche über die Streckenauffassung heraus. Aus den drei Gleichungen jeder Versuchsgruppe lassen sich durch Ausgleichung folgende Beziehungen bilden:

Normalentfernung: 4 cm.

Strecke $(O, \widehat{A})$ = Strecke (A, O) — 0.3 cm = Strecke (O, A)
» $(O, \widehat{T})$ = » (T, O) — 0.9 cm = » (O, T) + 0.1 cm
» $(A, \widehat{T})$ = » (T, A) — 0.6 cm = » (A, T) + 0.2 cm

Wenn man notgedrungen aus den beiden sukzessiven Darbietungsweisen einen Mittelwert bildet, so resultiert für die Simultanstrecke eine schwache Verkleinerung. Aber die Mittelstellung der simultanen Strecke zwischen den beiden sukzessiven und überdies die Geringfügigkeit der Differenzen, sie verbieten es, über das Verhältnis der sukzessiven Induktionen zu den simultanen nähere Vermutungen zu äußern. Wenn man meint, es müßten sich doch bei gleichzeitiger Einwirkung in irgend welcher Weise die Induktionstendenzen summieren, so ist dagegen zu bemerken, daß auch der Widerstand, den die Reize leisten, wenn sie gleichzeitig nebeneinander auftreten, ein ganz anderer ist. Um die Auffassung einer von gleichzeitigen disparaten Reizen begrenzten Strecke exakt zu analysieren, sind vor allem ergänzende Versuche über die Vergleichung von Strecken erforderlich, von denen die eine etwa durch zwei Gesichtsreize, die andere durch zwei Tastreize begrenzt ist. Versuche dieser Art zur Bestimmung der Feinheit der Haut in der Raumschätzung hat wohl zum erstenmale Wundt angestellt[1]). Er ließ nach dem Augenmaß die Entfernung zweier Zirkelspitzen, die eine Hautstelle gereizt hatten, angeben, und fand unter der Annahme, daß die Unsicherheit des Augenmaßes im Vergleiche zu der Unsicherheit des Tastmaßes verschwindend klein sei, in dem Vergleich zwischen der nach dem Augenmaß bestimmten scheinbaren Entfernung der Eindrücke mit ihrer wirklichen Entfernung ein unmittelbares Maß für die Feinheit der Haut in der Raumschätzuug. Hiergegen hat schon Fechner[2]) eingewendet, daß die Genauigkeit der Schätzung durch das Tastmaß zwar immer geringer, als die des Augenmaßes ist, indessen keineswegs als verschwindend klein gegenüber jener angesehen werden kann; er betrachtete nun die Wundtschen Versuche unter dem Gesichtspunkte der Methode der Äquivalente, und stellte selbst Versuche über diese Äquivalenzwerte zwischen taktilen und optischen Strecken an. Dabei erschien bei kleinen Strecken die optische größer, als die taktile, bei großen war das Verhältnis umgekehrt. Einen besonderen Wert mißt Fechtner selbst diesen vieldeutigen Versuchen nicht zu, denn es bleibt unbestimmt, in welchem Grade ein

---

[1]) Henle und Pfeufer, Zeitschr. 1858, S. 262.
[2]) Elemente der Psychophysik, II 1860, S. 315 f.

in der Phantasie willkürlich gebildeter Vergleichsmaßstab zur Anwendung gelangt. Solange aber diese Fragen nicht experimentell beantwortet sind, entzieht sich die Auffassung der disparaten Strecke erst recht der Aufklärung. Durchsichtiger sind die Grundlagen für unsere Vorstellungen von einer sukzessiv begrenzten Strecke. Hier lassen sich ohne Schwierigkeiten die sukzessiven Induktionen der einzelnen Reize miteinander vergleichen. Die Wirksamkeit dieser Induktionen besteht darin, daß eine ideale, induktionsfreie Strecke um einen in linearen Maßen angebbaren Betrag verändert wird. Die Größe der induktionsfreien Strecke ist unbekannt und war in keinem Versuche gegeben. Bei den Streckenvergleichungen haben wir es überall nur mit Differenzen von Täuschungsgrößen zu tun. Aus den Differenzen der mit verschiedenen Induktionen behafteten Strecken lassen sich aber die Verhältnisse der Induktionswirkungen ermitteln, sobald auch hier die Auffassuug zugelassen wird, daß die Induktion des vorangehenden Reizes durch den Widerstand des nachfolgenden gehemmt wird. Der Fehlbetrag der Täuschungstrecke gegen die reine Strecke setzt sich aus der sukzessiven Induktion des einen Reizes und dem Widerstande des anderen zusammen. Nun haben die früheren Berechnungen gezeigt, daß beide Werte numerisch zusammenfallen. Es lassen sich demnach ohne weiteres die Differenzen zwischen den sukzessiven Induktionen O, A und T hinschreiben; wir erhalten:

Entfernung der Reize: 4 cm.

$O - A = 0.15$ cm $\qquad O - T = 0.50$ cm $\qquad A - T = 0.45$ cm

und durch Ausgleichung die Reihe:

	Licht	Schall	Druck
Sukzessivinduktionen bei der Streckenauffassung:	1	0.87	0.47

Diese Zahlen sind wiederum als relative Beträge der Sukzessivinduktionen in Anspruch zu nehmen. Allen diesen Überlegungen haftet etwas willkürliches an, sie sind eine erste Annäherung an die Vorgänge bei der Auffassung einer durch disparate Reize begrenzten Strecke. Aber die Willkürlichkeit der vorgeschlagenen Auffassung wird dadurch gemildert, daß dieses Verfahren für die räumlichen Induktionen zu Werten führt, die numerisch den schon nach zwei verschiedenen Berechnungsweisen gefundenen ziemlich nahe liegen.

Das Ideal wäre auch hier, die Eigentümlichkeiten der induzierenden Reize so erschöpfend anzugeben, daß man den Schätzungswert einer Strecke von vornherein bestimmen könnte. Einstweilen aber müssen wir den umgekehrten Weg gehen, und aus den empirischen Werten die Eigentümlichkeiten der Reize rekonstruieren.

Man könnte daran denken, diese zahlenmäßig festgestellten induzierenden Eigenschaften zu der Raumschwelle der einzelnen Reize in Beziehung zu bringen. Dabei empfiehlt es sich, nicht die einfache Raumschwelle heranzuziehen, sondern die Schwelle, die unter Einwirkung des Nebenreizes besteht; denn nur diese kommt für den Ausfall der Täuschung in Betracht. Für jeden Reiz sind diese Schwellen zweimal gewonnen worden; sie unterliegen mit Ausnahme des Lichtreizes ziemlichen Schwankungen. Setzen wir die reziproke Schwelle des Lichtreizes gleich 1 und drücken wir in dieser Einheit dieselben Werte für die anderen Reize aus, so ergibt sich folgende Reihe abnehmender Präzision der räumlichen Unterscheidung:

Licht: 1; Druck: 0.46; Schall: 0.17.

Diese Reihe entspricht der oben gegebenen so wenig, daß die Präzision der räumlichen Unterscheidung jedenfalls nur einen geringen Anteil an den induzierenden Eigentümlichkeiten eines Reizes hat. Pearce [1]) hat indessen für die Ablenkung durch gleichartige Nebenreize den Satz gefunden, daß der Einfluß umgebender Objekte auf ein gleichartiges im direkten Verhältnis zu der Größe der Unterschiedsschwelle steht. Für Lichteindrücke ist also der Einfluß gering, für Tasteindrücke dagegen sehr groß. Bei gleichartigen Nebenreizen ist eben das Fundament der beiden Reize das gleiche, und so ist es wohl verständlich, daß innerhalb des Gesichtsraumes, dessen Elemente mit so großer Festigkeit aneinanderhängen, viel geringere Verschiebungen möglich sind, als innerhalb des Tastraumes. Bei disparaten Reizen fehlt aber dieses gemeinsame Fundament, und jetzt wird der Induktionsgrad zu einer apperzeptiv bedingten Eigentümlichkeit.

Die Charakterisierung der drei Reize Licht, Schall und Druck auf Grund ihrer räumlichen Induktionswirkungen kann mit solchen verglichen werden, die sich auf andere ihnen gemeinsame Merkmale

[1]) Arch. f. d. ges. Psych. I, S. 107.

stützen. So liegt es nahe, an die Beobachtungen über die Zeitschwellen disparater Sinneseindrücke zu erinnern. Wie viel an den Zeitschwellen disparater Sinnesreize peripher bedingt ist, erhellt durch den Vergleich mit den Zeitschwellen homogener Reize. Nach abnehmender absoluter Zeitempfindlichkeit ergibt sich die Reihe: Schall, Druck, Licht [1]). Der Ablauf der Empfindungen ist wohl in erster Linie für die Auffassung der Sukzession verantwortlich. Wenn nun bei disparaten Reizen und der natürlichen Richtung der Aufmerksamkeit auf den ersten Reiz die Sukzession Schall, Druck am leichtesten, die Sukzession Licht, Schall am schwersten erkannt wird [2]), so ist dies bei der natürlichen Tendenz den beachteten Reiz zuerst aufzufassen, ein Ausdruck der schon an den einfachen Zeitschwellen beobachteten Eigentümlichkeiten. Immerhin werden wir annehmen dürfen, daß mit den Eigentümlichkeiten des Erregungsablaufs auch apperzeptive Eigentümlichkeiten Hand in Hand gehen. Die Einordnung eines Schalles oder Druckes in einen zeitlichen Verlauf ist schärfer als die des Lichtes, und sofern die Schwelle Schall—Druck im allgemeinen kleiner ist, als die Kombination eines dieser Reize mit Licht, bestätigt sich dies auch in der Komplikation disparater Reize.

2. Bemerkungen über die Raumschwelle.

a) Raumschwelle und Streckenauffassung.

Der Vergleich zwischen der Raumschwelle disparater Reize, und der Auffassung von Strecken, die durch disparate Reize begrenzt sind, führt in eigentümlicher Weise auf dasselbe Problem zurück, das bei der Entdeckung der Raumschwelle homogener Reize und ihrer örtlichen Verschiedenheiten entstand. E. H. Weber faßte den ebenmerklichen Unterschied zweier gereizter Hautstellen als den Maßstab für die Auffassung übermerklicher Entfernungen auf. Im Sinne seiner Lehre von den Empfindungskreisen schrieb er der Zahl der elementaren Nervenfäden, welche auf einem Quadratzoll unseres mit Ortssinn begabten Tastorganes endigen, einen Einfluß auf den Maßstab zu, womit wir den erfüllten Raum messen [3]). Er glaubte die hieraus

---

[1]) Vgl. die Zusammenstellung bei Wundt, Phys. Psychol. III 5, S. 46.
[2]) l. c. S. 66.
[3]) Tastsinn und Gemeingefühl, 1846, S. 528.

entspringende Folgerung, daß übermerkliche Distanzen je nach der Feinheit der Raumschwelle in verschiedenen Hautbezirken verschieden groß erscheinen müßten, auch durch die Erfahrung bestätigt zu sehen, und führte dafür die scheinbaren Änderungen an, die zwei über Stellen stark verschiedener Raumschwelle rasch hinweggeführte Zirkelspitzen erfahren. Der Gedanke, daß eine psychische Größe als Summe von ebenmerklichen Elementargrößen aufgefaßt werden könne, ist ganz allgemeiner Natur. Liegt er doch der Fechnerschen Auffassung von der Intensität der Empfindung zugrunde. Fechner gewann das Maß der Empfindung dadurch, daß er jede Empfindung in gleiche Abteilungen, d. s. die gleichen Inkremente, aus denen sie vom Nullzustande an erwächst, zerlegt[1]). Er stützte diese Zerlegung außerdem dadurch, daß jede Empfindung von Null an durch immer neue Inkremente bis zu ihrer vollen Höhe ansteige[2]). Wenn der ebenmerkliche, relative Zuwachs ein solches Maß der Empfindung ist, dann würde gemäß den Verschiedenheiten dieser Einheit auf verschiedenen Sinnesgebieten eine Lichtempfindung mittlerer Stärke aus etwa zehnmal so viel Einheiten zusammengesetzt sein, wie eine Schallempfindung mittlerer Stärke, da sich die Unterschiedsschwellen von Licht und Schall etwa wie 10 : 1 verhalten. Solche Erwägungen erscheinen unfruchtbar, da die Intensitäten disparater Reize unvergleichbar sind. Was sagt man aber zu der folgenden Analogie. Die subjektive Intensität eines Tones wächst bekanntlich auch bei gleicher objektiver Tonstärke mit zunehmender Höhe der Töne. Schon Descartes und Chladni wurden darauf aufmerksam, daß höhere Töne eine relativ größere Empfindungsintensität besitzen als tiefere. Später hat dann Helmholtz[3]) experimentell gezeigt, daß bei Aufwendung der gleichen mechanischen Arbeit die hohen Töne die tiefen erheblich an Empfindungsintensität übertreffen. Im gleichen Sinne wie die Intensität ist aber die Reizempfindlichkeit und die Unterschiedsempfindlichkeit von der Tonhöhe abhängig. Die Untersuchungen von M. Wien[4]) zeigten, daß die Reizempfindlichkeit für Töne von 50 Schwingungen bis zu 6400 Schwin-

[1]) Elemente der Psychophysik 1860, I, S. 60.
[2]) l. c. S. 61.
[3]) Lehre von den Tonempfindungen 4, S. 291.
[4]) Pflügers Archiv, Bd. 97, 1903, S. 1 ff.

gungen fast auf das 100-millionenfache steigt; die Steigerung der Unterschiedsempfindlichkeit betrug nach demselben Autor[1]) viel weniger, war aber doch deutlich nachzuweisen. Sicherlich sind auch die subjektiven Intensitätsunterschiede von Tönen verschiedener Höhe viel geringer, als die enormen Unterschiede der Reizschwelle. Aber es bleibt doch die Tatsache, daß in diesem Falle die Intensitäten der Empfindungen in demselben Sinne wachsen und abnehmen, wie die ebenmerkliche Intensität und der ebenmerkliche Intensitätsunterschied.

Eine eigentliche Diskussion dieses Problems ist längst auf dem Gebiete der Raumvorstellungen geführt worden. Bei der Auffassung räumlicher Größen liegt es sehr nahe, Strecken zu vergleichen, deren Grenzen durch Reize bestimmt sind, die mit verschiedener Feinheit der absoluten Lokalisation ausgestattet sind. Schon J. Müller hat gegen Weber einen Einwand dieser Art erhoben[2]). Wenn man mit der Fingerspitze den Arm berührt, dürften die beiden Empfindungen, welche hierbei entstehen, nicht gleich groß sein, sondern es müßte die Fingerspitze den berührten Teil des Armes groß, und der berührte Teil des Armes die Fingerspitze klein empfinden. Weber gab die Verschiedenheit der beiden Empfindungen zu[3]): »Aber da die eine deutlich und die andere dunkel ist, so hält man sich an die deutliche Empfindung und man kann die Aufmerksamkeit nicht so abziehen, und auf die dunkle allein hinlenken, daß man sein Urteil über die Größe der berührten Fläche ganz allein auf die dunkle Empfindung gründen könnte«. Dieser Hinweis auf die zentralen Faktoren ist für die psychologische Denkungsweise Webers charakteristisch, obgleich er den Einwand Müllers nicht entkräftet. Noch schwieriger aber wird es den Gedanken durchzuführen, wenn es sich um eine an disparate Sinnesgebiete gebundene Raumauffassung handelt. »Für den Gesichtsraum beruht der gegebene kleinste Maßstab darauf, wieviel unterscheidbare Empfindungen wir auf der Flächeneinheit haben können, wenn diese mit möglichst kleinen schwarzen und weißen Vierecken besetzt ist. Da wir nun mittels des Auges auf einer Quadratlinie viel mehr unterscheidbare Teile wahrnehmen können, als mittels der Haut, so benutzen wir den Maß-

[1]) Ann. d. Phys. u. Chem., N. F. 36, 1889, S. 843 ff.
[2]) Arch. f. Anat. u. Physiol., 1837, Jahresbericht CXXIX.
[3]) l. c. S. 530.

stab, der uns im Tastsinn gegeben ist, nicht, sondern den, der uns im Auge gegeben ist und suchen auch das, was wir mit dem Tastsinne wahrnehmen, auf den Maßstab zu reduzieren, den wir im Gesichtssinne haben[1])«. Diese Bemerkung wird erst dann so selbstverständlich, wie sie zu klingen scheint, wenn die Art und Weise gezeigt worden ist, wie sich Tast- und Gesichtsraum vereinigen. Mit diesem Problem hat sich Weber nicht befaßt. Es lag auch nicht im Sinne des Nativismus, welcher den Raum empfinden ließ. Aber auch die dem Empirismus zuneigenden Lokalisationstheorien fanden dieses Problem nicht vor, da sie die Raumvorstellungen aus den Erfahrungen eines Sinnes, meistens des Tastsinnes, ableiteten und nun diesen zum Lehrmeister der übrigen Sinne erhoben. Die Frage nach der Vereinheitlichung der Raumvorstellungen, die sich an disparate Sinneseindrücke knüpfen, ist vielmehr erst in den neueren Theorien aufgetaucht, die die räumliche Ordnung der Empfindungen aus Assoziationsprozessen herleiten. Der für die einzelnen Sinnesgebiete nachgewiesene Satz, daß die Auffassung der Größe einer Strecke ziemlich unabhängig von den an den Begrenzungsstellen herrschenden Raumschwellen ist, läßt sich nun auch auf disparate Sinneseindrücke übertragen. Es ist experimentell gezeigt worden, daß die Simultanschwelle zweier disparater Eindrücke erheblich größer, als die Sukzessivschwelle ist. Eine weit übermerkliche Distanz der beiden Eindrücke erleidet aber bei simultaner Darbietung keine eindeutige Fehlschätzung gegenüber der sukzessiven.

Allerdings liegt in der Nähe der Schwelle ein Gebiet, innerhalb dessen ein Einfluß der Art, wie ihn einst Weber und Volkmann[2]) für maßgeblich gehalten hatten, zu erkennen ist. Wenn bei simultaner Darbietung des Licht- und Schallreizes die ebenmerkliche Distanz überschritten wurde, blieb die Schätzung des Abstandes der beiden Reize in der Regel merklich unter ihrem wirklichen Betrage, und näherte sich dem viel kleineren Werte bei der ersten Trennung im sukzessiven Verfahren. Der Beobachter war stets über die wahre Entfernung der simultan eben trennbaren Reize überrascht. Möglicherweise ist der Einfluß, den die Größe der Schwelle auf die Auf-

---

[1]) l. c. S. 529.

[2]) Neue Beiträge zur Physiol. des Gesichtssinns, 1836, S. 50.

fassung sehr kleiner Strecken ausübt, bei disparaten Eindrücken deswegen deutlicher, weil die Einordnung des einen Reizes in das Raumfeld des anderen nicht mit der gleichen Strenge geschieht, wie die räumliche Zuordnung homogener Reize. Das Gesichtsfeld ist in seinen inneren Maßbeziehungen am sichersten gegliedert. Wenn eine Strecke vom zentralen Sehen ins periphere gerückt wird, tritt nicht jene auffallende Täuschung ein, wie bei dem entsprechenden Weberschen Versuche über den Ortssinn der Haut. Schon Panum wies darauf hin, daß die seitlichen Netzhautteile alles in derselben Größe sehen, wie die zentralen. Fechner zweifelte dies allerdings an; er hatte den Eindruck, daß die Ausdehnung eines zunächst direkt gesehenen hellen Gegenstandes bei Ablenkung des Blickes sich verkleinere. Schärfere Bestimmungen über Größenschätzungen im indirekten Sehen sind von Guillery ausgeführt worden[1]). Er fand, daß peripherwärts gelegene Distanzen den zentralen gegenüber unterschätzt werden[2]), und zwar war dieser konstante Fehler auf der inneren Hälfte des Sehfeldes größer als auf der äußeren, auf der oberen größer als auf der unteren. Die von Guillery beobachtete Verkleinerung in der Peripherie blieb, wie wir auch auf Grund der Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens vermuten müssen, in denen sie sich uns überhaupt verbirgt, weit hinter einer Proportionalität zu der Vergrößerung der Raumschwelle im indirekten Sehen zurück; aber bemerkenswert ist es, daß überhaupt eine Abweichung in dieser Richtung existiert[3]). Übrigens ist auch der Gedanke, daß sich optische Distanzauffassungen unter bestimmten Bedingungen als Summe von ebenmerklichen Unterschieden auffassen lassen, erst in jüngster Zeit wieder diskutiert worden. Es handelt sich um die theoretische Erörterung der Hillebrandschen Beobachtungen über den Minimalsehraum, die R. v. Sterneck anstellte[4]). Bei der Hillebrandschen

---

1) Über das Augenmaß im seitlichen Sehen, Zeitschr. f. Psych. Bd. 10, 1896, S. 83ff.

2) l. c. S. 91.

3) Vielleicht gehört hierher auch eine Beobachtung, die ich der persönlichen Mitteilung von Herrn Prof. Wirth verdanke: ein peripher auftauchender Lichtpunkt erschien bei tachistoskopischer Darbietung dem Zentrum näher zu liegen, als bei dauernder Betrachtung. Dies ließe sich als Unterschätzung einer peripheren Distanz interpretieren, wenngleich man auch an sonstige Einflüsse, wie die Anziehung durch das Zentrum usf. denken muß.

4) Das psychophysische Gesetz und der Minimal-Sehraum. Zeitschr. f. Psych., Bd. 48, 1908, S. 96ff.

Versuchsanordnung waren alle sekundären Hilfsmittel der Entfernungsschätzung ausgeschlossen, so daß der Beobachter ausschließlich auf die binokulare Parallaxe beschränkt war. v. Sterneck greift aus diesen Versuchen vor allem zwei Hauptsachen heraus; einmal ein Gesetz, welches die scheinbare Entfernung in Abhängigkeit von der wirklichen Entfernung setzt und für die erstere einen Maximalwert von dem überraschend kleinen Betrage 15 m ergibt, der niemals überschritten werden kann; und zweitens die Bestimmung des ebenmerklichen Tiefenunterschiedes. Ein Entfernungsunterschied zweier Punkte war dann ebenmerkllch, wenn die Konvergenz der Sehstrahlen, die zu den beiden Punkten gehören, beim Übergang vom einen zum anderen um einen bestimmten Winkel, das Disparationsminimum, sich änderte. Für das halbe Disparationsminimum ergab sich aus Hillebrands Versuchen 35″. v. Sterneck schließt sich der Meinung an, daß die die Stellung der beiden Augen begleitenden Muskelempfindungen hierbei gar nicht mitsprechen und findet somit in der Änderung der Binokular-Parallaxe einen invariant bleibenden, physiologisch genau präzisierbaren Vorgang, der die ebenmerkliche Vergrößerung der Entfernung begleitet. Während die Auffassung, daß die relative Änderung des Konvergenzwinkels für die ebenmerkliche Tiefenänderung in Frage komme, mit dem Weberschen Gesetze in Einklang steht und die Tiefe des Raumes im Prinzip nicht einschränkt, erfüllt dieses invariante Disparationsminimum nicht das Webersche Gesetz und führt auf die genannte Einschränkung des Sehraumes. v. Sterneck führt ein besonderes Maßsystem für die Entfernungen ein und bestimmt die Funktion der Entfernung d so, daß das Webersche Gesetz doch gilt; nämlich $f(d) = Aq^{\frac{1}{d}}$. A und q sind willkürliche Konstanten. Wenn alle Werte von einem unteren Grenzwerte 3.8 m bis ∞ durchläuft, ändert sich $f(d)$ bloß von der unteren Grenze bis A. Hier ist also der Raum nicht homogen. Wenn der leuchtende Punkt sich von 3.8 m aus ins Unendliche fortbewegt, so erhalten wir nach Hillebrands Messungen nur 50 ebenmerkliche Tiefenunterschiede (aus der Division von 29′ 10″, dem Winkel, unter dem die halbe Pupillardistanz von 32 mm aus 3.8 m Entfernung erscheint, durch 35″). Dieser Gedankengang ist dem alten Weberschen insofern analog, als beide Male ein invariantes

physiologisches Korrelat der ebenmerklichen Änderung angenommen wird.

Im Tastfelde können schon leichter momentane Verschiedenheiten des Maßstabes stattfinden. Ich erinnere an die Webersche Täuschung bei Bewegung einer konstanten Spitzendistanz über Stellen mit verschiedener Raumschwelle. Am eigentümlichsten aber müßte sich der Gehörsraum gestalten, wenn in ihm der Maßstab durch die Größe der Raumschwelle gegeben wäre. Um dies zu veranschaulichen, denken wir uns den Ort eines Schalles im Schallraum durch Polarkoordinaten bestimmt; es sei r die Entfernung von dem Mittelpunkte der Verbindungslinie beider Ohren, φ der Winkel, den die Richtung der Entfernung mit der Medianebene bildet, und ψ der Winkel mit der Horizontalebene. Nach dem alten Gedankengange, der die ebenmerkliche Differenz zu den Elementen der wirklichen Größen macht, müßte sich ein Volumelement dieses Raumes aus den ebenmerklichen Änderungen Δr, $\Delta \varphi$ und $\Delta \psi$ zusammensetzen. Nun weisen aber die Schwellen für jedes dieser drei Bestimmungsstücke die erheblichsten Unterschiede auf. $\Delta \varphi$ ist am feinsten, Δr am gröbsten; außerdem variiert $\Delta \varphi$ mit der Abweichung aus der Medianebene und mit ψ. Die Volumelemente eines solchen Raumes müßten sich also in der merkwürdigsten Weise von Stelle zu Stelle ändern. Der akustische Raum erhält wahrscheinlich seine Homogeneität durch- auch durch die Eintragung der Eindrücke in den Gesichtsraum und die Präzision dieser Eintragung wird durch die Raumschwelle zwischen Licht und Schall gemessen. Aber nähere Angaben sind nicht möglich. Es fehlt an einem Gesetze, welches die Auffassung einer beliebigen übermerklichen Distanz in eine eindeutige Beziehung zur Größe der ebenmerklichen Distanz brächte. Nicht einmal über die Richtung, in welcher sich die Auffassung der Distanz mit der Schwelle ändert, läßt sich eine für alle extensive Vorstellungen gültige Regel aufstellen. Die Weberschen Versuche mit bewegten Zirkelspitzen assen die Vermutung hegen, daß die Auffassung der Strecke mit wachsender Raumschwelle sich verkleinere. Dem steht aber etwa die Tatsache gegenüber, daß man das Intervall zwischen zwei kurz nacheinander überspringenden elektrischen Funken größer schätzt, wenn man die Funken bloß sieht, als wenn man sie zugleich hört[1]).

[1]) Vgl. Wundt, Phys. Psych. III 5, S. 58.

Die Zeitschwelle zweier Lichtreize ist aber erheblich größer, als die zweier Schallreize. Wenn also hier die ebenmerkliche Zeitdifferenz den Maßstab abgeben sollte, müßte gerade das umgekehrte Schätzungsverhältnis eintreten. Das nämliche gilt, sofern das direkte Sehen dem indirekten in der Zeitauffassung überlegen ist, für die schon von Czermak beobachtete Erscheinung, daß eine Funkenreihe im direkten Sehen rascher erscheint als im indirekten. Für den einzelnen Fall lassen sich diese Erscheinungen wohl verständlich machen, aber sie verbieten es, ein allgemeines Abhängigkeitsverhältnis zu formulieren.

Kompliziert werden die Beziehungen zwischen Streckenauffassung und Raumschwelle noch dadurch, daß die simultan begrenzte und die sukzessiv begrenzte Strecke zu den ihnen entsprechenden Schwellen in verschiedenem Verhältnis stehen. Bei sukzessiver Darbietung der Grenzen erscheint dieselbe Entfernung bei derjenigen Reihenfolge der Reize kleiner, die die größere Schwelle hat. Hier kehrt also, wenn wir wieder dem Weberschen Gedankengange folgen, die Schwelle als Maßstab wieder; wenigstens bei Distanzen, die wie die hier geprüften nicht allzusehr die Schwelle übersteigen. Anders ist es um die simultane Darbietung bestellt. Trotzdem die Simultanschwelle erheblich größer als die Sukzessivschwelle ist, hält die Auffassung der simultanen Strecke ziemlich die Mitte zwischen den beiden anderen Darbietungen. Hier kann keine Rede davon sein, daß die Schwelle den Maßstab für die Auffassung übermerklicher Verschiedenheiten abgebe. Dies wirft Licht auf die verschiedene Art und Weise, wie die simultane Strecke und die sukzessive in den Empfindungsinhalten fundiert sind. Wenn überhaupt einmal eine Trennung möglich geworden ist, gibt die Gleichzeitigkeit eine eigentümliche Disparation.

b) Raumschwelle disparater und homogener Reize.

Die Vergleichung des Ortes zweier disparater Reize ist eine ungewöhnliche Aufgabe. Die Vorstellung der Stelle des Raumes, an welcher der Reiz sich befindet, hängt nicht in gleicher Weise an diesem, wie etwa die Helligkeit an einem Gesichtseindruck. Merkmale, die an einem Wahrnehmungsinhalt so vorkommen, wie die Helligkeit an einer Farbe, können disparaten Reizen niemals gemeinsam sein; der Ort im Raume kann ihnen aber gemeinsam sein. Die räumliche

Qualität ist in diesem Sinne ein viel allgemeineres Merkmal einer Empfindung, und deswegen ist es auch möglich, daß sie in sehr verschiedener Weise in den Empfindungsinhalten fundiert ist. Ich meine damit folgendes: Wenn ich ein Rot und ein Grün auf ihre Helligkeit hin vergleiche, so ist diese Helligkeit als ein unselbständiges Merkmal der Empfindung beide Male in gleicher Weise gegeben. Wenn ich das Rot und Grün auf eine räumliche Eigentümlichkeit hin vergleiche, so ist diese durch ein mehr oder minder komplexes System von Lokalzeichen an das Rot und das Grün gebunden, aber wir haben keinen Grund anzunehmen, daß dies bei dem Rot in anderer Weise als bei dem Grün geschehe. Wenn ich aber den Ort eines Rot mit dem eines Schalls vergleichen soll, so stütze ich mich nicht nur auf qualitativ verschiedene Lokalzeichensysteme, sondern es kann auch wegen der Unvergleichbarkeit der disparaten Inhalte deren Wirksamkeit ganz verschieden sein.

Das ist aber ein sehr bemerkenswerter Umstand. So liegt z. B. den meisten Versuchen einer Elementarkonstruktion der Schwelle auf Grund der Fehlervorgänge ein Satz zugrunde, der garnicht so selbstverständlich ist, wie es auf den ersten Blick erscheint. Bei dem Vergleiche zweier Gewichte P und $P + D$ wird etwa ein Fehler Δ mit einer durch das Verteilungsgesetz der Fehler bestimmten Häufigkeit begangen. Wenn nun P und $P + D$ durch Punkte einer Geraden repräsentiert werden, so kann der Erfolg des Fehlervorganges dadurch veranschaulicht werden, daß der Punkt $P + D$ als festliegend gedacht wird, während sich P um den Betrag Δ nach der einen oder der anderen Seite verschiebt [1]). Die Unterschiedsschwelle $2i$ umgibt dann den Punkt $P + D$, sodaß die Punkte $P + D + i$ und $P + D - i$ entstehen. Dieser Satz von der Vertauschbarkeit der Fehlervorgänge setzt aber zweierlei voraus. Zunächst muß die Schwelle für den Reiz P dieselbe Größe haben wie für $P + D$. Die durch das Webersche Gesetz geforderte Abweichung ist zu vernachlässigen; da die Schwelle eine sich stetig ändernde Größe ist, gilt dies stets innerhalb eines homogenen Reizgebietes, wenn nur D gegen P hinreichend klein ist. Wenn z. B. die sukzessive Raumschwelle zweier Gesichtseindrücke zu bestimmen ist, kann für beide

[1]) Vgl. z. B. G. F. Lipps, Die psychischen Maßmethoden, 1906, S. 70.

die gleiche Schwelle vorausgesetzt werden. Für die Raumschwelle zwischen disparaten Reizen aber ist diese Voraussetzung nicht erfüllt. Die Raumschwelle zweier Schallreize in der Medianebene ist erheblich größer, als die Raumschwelle zweier sukzessiver Lichtreize. Für die räumliche Trennung von Licht und Schall besteht gleichfalls eine Schwelle. Lege ich nun die Fehlervorgänge dem Lichtreize zur Last, so übersteigen sie die Schwelle des Lichtes viel eher als sie im andern Falle die erheblich größere Schwelle des Schallreizes übersteigen würden. Hier führt also die Vertauschung der Fehler zu verschiedenen Resultaten. Der Satz von der Vertauschbarkeit der Fehler ist demnach nicht anzuwenden. Dies läßt sich vielleicht am besten veranschaulichen, wenn man sich Versuche ausgeführt denkt, in denen die Differenz der beiden Reize gleich Null ist. Dann soll die Fehlerkurve symmetrisch zu beiden Seiten der Nullstelle verlaufen. Wir denken uns die halbe Schwelle i zu beiden Seiten der Nullstelle abgetragen und setzen die Gleichheitsfälle demjenigen Gebiete proportional, das sich über $+ i$ und $- i$ erhebt. Man erhält bekanntlich aus der Behandlung der Resultate mittels Formeln zwei Gleichungen für i uud h, wo h das Präzisionsmaß ist. Nun gebe ich den beiden disparaten Reizen, die die Schwellen i_1 und i_2 haben sollen, die gleiche Stelle im Raum und wiederhole die Versuche. Dann liegen zu beiden Seiten der Nullstelle die Schwellen i_1 und i_2; wenn $i_1 < i_2$, dann erzeugt ein Fehler $\Delta < i_1$ einen Gleichheitsfall, ein Fehler $\Delta > i_2$ einen Verschiedenheitsfall. Was aber geschieht, wenn auf Grund der Fehlervorgänge die Differenz der beiden Reize gleich $\frac{m\, i_1 + n\, i_2}{m + n}$ wird, wo m und n ein beliebiges Verhältnis haben? Das Gebiet der Fehlerkurve, das über $i_2 - i_1$ liegt, bleibt vieldeutig. Oder aber man müßte über die Größe einer mittleren Schwelle zwischen beiden Reizen eine bestimmte Festsetzung treffen können. In gewissem Sinne ist die Schwelle, die einen einzelnen Reiz umgibt, überhaupt nur eine Abstraktion; die Tatsache der Schwelle ergibt sich ja erst durch den Vergleich mit einem anderen gleichartigen Reiz. Wenn ich nun etwa die Zwischenzeit zwischen Normalreiz und Vergleichsreiz verändere, so ändert sich vielleicht die Schwelle. Die Präzision, mit welcher der Vergleichsreiz der Erinneruug des Normalreizes entgegengetragen wird, ist aber die gleiche. In diesem Falle

ist also die Schwelle zwischen Normalreiz und Vergleichsreiz bereits ein zusammengesetzter Wert. Wenn eine solche Zusammensetzung möglich ist, d. h. wenn ich mir nur den einen der beiden Reize von einer bestimmten Schwelle umgeben denken kann, dann können Normalreiz und Vergleichsreiz von demselben Schwellenbereich umgeben gedacht werden, und der Satz von der Vertauschbarkeit der Fehler ist wieder anwendbar. Aber diese Möglichkeit muß erst nachgewiesen sein. Man kann die Frage stellen, ob stets, wenn zwischen zwei Reizen von der Art R_1 und zwei Reizen von der Art R_2 eine bestimmte Schwelle besteht, in derselben gemeinsamen Hinsicht auch zwischen R_1 und R_2 eine bestimmte Schwelle besteht. Ein Beispiel hierfür bildet die heterochrome Photometrie. Die Unterschiedsschwelle für Helligkeit sei bei zwei verschiedenen Lichtern, bei einem Gelb und einem Blau bekannt; wie groß ist die Schwelle für die Helligkeitsunterscheidung zwischen Gelb und Blau? Bekanntermaßen ist die Schwelle erheblich gesteigert, um wieviel, ist eine besondere Erfahrungstatsache. Und doch ist die Aufgabe ganz eindeutig, wenn man einmal zugegeben hat, daß dasjenige, was zwei verschieden helle Gelb unterscheidet, in genau der gleichen Weise bei zwei verschieden hellen Blau wiederkehrt. Eine noch nähere Analogie zu der Raumschwelle haben indessen die Zeitschwellen. Aus der Zeitschwelle zweier Gehörsreize und zweier Tastreize etwa kann bekanntlich die disparate Zeitschwelle keineswegs abgeleitet werden. Sie ist im allgemeinen merklich höher, und wird nur in gewissen Fällen, z. B. wenn der beachtete Schall dem Licht vorangeht, kleiner als eine der homogenen Schwelle, in diesem Falle die des Lichtreizes.

Speziell bei der Raumschwelle lassen sich auf Grund der Theorie diese Verhältnisse einigermaßen klären. Nur von der sukzessiven Raumschwelle kann hier gehandelt werden, weil sich diese allein für die drei Sinnesgebiete gleichmäßig bestimmen läßt. Außerdem ist das Verhältnis der simultanen zur sukzessiven Raumschwelle bei Licht und Druck so verschiedenartig, daß sich ohne weiteres keine bestimmte Gesetzmäßigkeit ablesen läßt. Für Schallreize existiert sogar wegen der besonderen Verschmelzungsbedingungen keine Simultanschwelle; es käme also für die Simultanschwelle nur die Kombination Licht-Druck in Frage. Der an Beob. A. gemessene Wert von 1.2 cm

ist ziemlich das arithmetische Mittel zwischen seiner taktilen Simultanschwelle von etwa 2 cm und der optischen Simultanschwelle; diese kann ja als verschwindend klein gegen 2 cm angenommen werden. In diesem Falle ist demnach die einfachste Zusammensetzung einer disparaten Schwelle aus den einzelnen homogenen Schwellen verwirklicht.

Von der Sukzessivschwelle haben die Versuche gezeigt, daß diese zwischen Licht und Druck erheblich größer ist als zwischen zwei Licht- oder zwei Druckreizen. Um die Stelle eines Druckes von der eines Lichtes unterscheiden zu können, muß aber der Druckreiz in den Gesichtsraum eingetragen werden. Die Versuchsergebnisse legen die Annahme nahe, daß diese Eintragung merklich ungenauer ist, als die bloße Unterscheidung zweier Tastreize. Es sind mit anderen Worten qualitativ durch ihre lokale Färbung verschiedene Tasteindrücke noch durch das gleiche assoziativ an sie gebundene Gesichtsbild im Gesichtsraum vertreten. Es hat noch nicht jeder qualitativ eben von einem anderen unterscheidbare Tasteindruck bereits eine andere optische Assoziation. Nehmen wir einen kleinen Bezirk des Tastfeldes heraus, so finden wir in ihm eine größere Anzahl unterscheidbarer lokaler Qualitäten des Tastsinnes als unterscheidbarer Gesichtsassoziationen. Dies lehrt aber auch die Selbstbeobachtung. Wir fassen eine ebenmerkliche räumliche Differenz als eine qualitative Verschiedenheit der Tastempfindungen auf, nicht als eine Verschiedenheit der dazu assoziierten optischen Bilder.

Ähnliches gilt von der Schallokalisation. Auch hier wird eine Richtungsänderung zunächst auf Grund qualitativer Unterschiede erkannt, und die Eintragung in den Gesichtsraum ist wiederum ungenauer als die Auffassung dieser Veränderung. Man könnte, um dieses zu präzisieren, im Sinne der alten Intensitätstheorie das Intensitätsverhältnis der beiden Ohren für die direkte Auffassung der Richtung im Raume, sofern es sich um Abweichungen von der Medianebene handelt, verantwortlich machen. Dann würde sich mit jedem Intensitätsverhältnis die Vorstellung einer bestimmten Richtung im Gesichtsraume assoziieren. Die gewöhnliche Schwelle für den Richtungsunterschied zweier sukzessiv gegebener Schallreize ist aber erheblich feiner, als die ebenmerkliche Änderung eines Intensitätsverhältnisses. Lord Rayleigh fand den einer ebenmerklichen Richtungsänderung

entsprechenden relativen Intensitätsunterschied zu 0.01, einem Betrage, hinter welchem die Unterschiedsempfindlichkeit nach allen bisherigen Bestimmungen weit zurückbleibt. Es sind demnach an der Auffassung einer Richtungsänderung noch irgend welche qualitative Merkmale beteiligt, deren viel feinere Unterschiede indessen nicht durch bestimmte optische Assoziationen ausgezeichnet sind. Diese treten in der Hauptsache bei der gewöhnlichen Richtungsschwelle in Wirksamkeit, während bei dem Vergleiche Licht-Schall das viel weniger feine Hilfsmittel der Eintragung in den Gesichtsraum benutzt werden muß. Dies ist nur eine Interpretation, die einigermaßen dem Verhalten der Schwelle gerecht werden will, aber auf eine Theorie der akustischen Lokalisation keinen Anspruch erhebt. Immerhin haben die besprochenen Eigentümlichkeiten der disparaten Raumschwelle ihre hohe theoretische Bedeutung, weil jede Theorie der akustischen und taktilen Lokalisation ihnen Rechnung tragen muß. Die Theorie der taktilen Lokalisation Wundts macht tatsächlich den Satz wahrscheinlich, daß die Raumschwelle disparater Reize größer ist als die der homogenen, und soweit hier zwischen den empirischen Ergebnissen und der Theorie Einklang herrscht, trage ich kein Bedenken, jene Eigentümlichkeiten der Schwelle zu verallgemeinern, was bloß auf Grund der hier mitgeteilten Versuche ungerechtfertigt erscheinen möchte.

Jener Satz von der Vertauschbarkeit der Fehlervorgänge führt indessen nur dann zur Ableitung einer Schwelle, wenn noch eine zweite Voraussetzung zugelassen wird. Die Differenz zwischen der scheinbaren Größe der Reize P und $P+D$ kann gewiß dadurch dargestellt werden, daß die algebraische Fehlersumme dem einen der beiden Reize zugeschrieben wird; aber es fragt sich, ob lediglich diese Differenz für die Unterscheidbarkeit in Frage kommt. Es handelt sich doch auch immer um die apperzeptive Selbständigkeit der Eindrücke. Zwei Reize beeinflussen sich stets entsprechend diesem Grade der apperzeptiven Selbständigkeit, und diese Einflüsse zerfallen in die beiden großen Klassen von Assimilation und Kontrast. Die Eigentümlichkeit psychischer Inhalte sich assimilativ zu beeinflussen oder miteinander in Kontrast zu treten, verlangt, daß wir den Merkmalen irgendeines Wahrnehmungskomplexes nicht nur bestimmte induzierende Kräfte beilegen, sondern auch bestimmte Grade

des Widerstandes gegen solche Einflüsse. Assimilation tritt ein, wenn ein Merkmal gegen die Zumutung des induzierenden Reizes keinen Widerstand leistet, Kontrast im umgekehrten Falle. Im allgemeinen gilt hier der Satz, daß die Assimilationen unter sonst gleichen Umständen bei geringen Unterschieden der Reize, die Kontraste bei starken Unterschieden auftreten. Ein derartiges Verhalten ist verständlich, wenn wir die Annahme machen, daß induzierende Kraft und Widerstand gegen solche Beeinflussungen sich bei jedem Reize oder jedem Formelement eines komplexen Ganzen die Wage halten. In ihren markanten Formen werden Assimilation und Kontrast dort beobachtet, wo sich sekundäre Vergleichsgrundlagen einmischen. So wird in dem Sektorenbeispiel Wundts der kleine Unterschied der Sektoren durch Assimilation überbrückt. Die räumliche Form gibt gleichsam der Assimilation ihrer Umgebung bis zu einer gewissen Grenze nach, aber gegen die starke Zumutung, die bei großem Unterschied gestellt wird, behauptet sich ihr Widerstand.

Unter demselben Gesichtspunkte läßt sich die einfache Vergleichung zweier Gewichte P und $P + D$ betrachten. Auch hier nehmen wir an, daß die induzierende Kraft des Gewichtes gleich dem Widerstande ist, und da die zu vergleichende Größe eben auch ein Gewicht ist, kompensieren sich in der Regel die beiden Einflüsse. Ich sage in der Regel; denn es kann der absolute Eindruck der Schwere oder Leichtigkeit hinzutreten, und an Stelle eines eigentlichen Vergleichs der beiden Gewichte als Urteilsfundament vikariieren; dann sind auch hier Kontrasteinflüsse wahrscheinlich. Bei einem vollständigen Vergleiche der beiden Gewichte P und $P + D$ wird aber in der Hauptsache nur die scheinbare Differenz maßgebend sein. Wir kennen die induzierende Kraft des Gewichtes P nicht: sie tritt aber auch nicht in Erscheinung, da ihr in $P + D$ ein gleich großer Widerstand gegenübersteht.

Der Satz von der Äquivalenz zwischen induzierender Kraft und Widerstand eines Merkmals könnte hier noch als ziemlich entbehrlich für die Interpretation eines Vergleiches zweier wenig verschiedener Reize erscheinen. Früher haben wir ihn unter Umständen, wo er nicht so selbstverständlich war, bestätigt. Bedeutung gewinnt dieser Satz bereits, wenn ein Eindruck nach mehreren Hinsichten verglichen

werden soll. Die induzierende Kraft der verschiedenen Merkmale kann eine ganz verschiedene sein; als Beispiel verweise ich auf die Untersuchung Mittenzweys[1]), wo an einem kreisförmigen Objekt die Assimilationsketten heller — größer — höher, und dunkler — kleiner — tiefer beobachtet wurden. In einer solchen Assimilationskette steckt die Tatsache, daß manche Merkmale auf andere eine stärkere Induktion ausüben. Wenn eine Raumschwelle homogener Reize bestimmt werden soll, trifft der obige Satz wieder zu. Handelt es sich aber um disparate Reize, braucht die induzierende Kraft des einen Reizes nicht mehr gleich dem Widerstande des anderen zu sein. Die Stärke der räumlichen Induktion kann z. B. bei einem Lichtreiz ganz anders sein, als bei einem Schallreiz. Demnach ist auch der Widerstand, den der Ort des Schalls dem Ort des Lichtes entgegensetzt, ein anderer, als der vom Licht gegen den Schall ausgeübte. Dieser Sachverhalt würde es verhindern, selbst bei Übereinstimmung der Raumschwellen von Licht und Schall, die Schwelle zwischen Licht und Schall nach den gewöhnlichen Überlegungen abzuleiten. Die Erkennung eines Unterschiedes wäre eben nicht nur von der scheinbaren Differenz der beiden Lagen, sondern auch von dem Verhältnis der induzierenden Kraft zu dem Widerstande abhängig.

Wenn man aber auch diese Bedenken für zutreffend hält, wird man doch vielleicht dazu neigen, aus gewissen Reizkombinationen die Schwelle abzuleiten. Es handelt sich um eine Frage folgender Art: Wenn zwischen zwei Reizen R_1 und R_2, die nur eine Qualität gemeinsam zu haben brauchen, eine Schwelle bestimmt worden ist, und zugleich eine Schwelle zwischen R_2 und R_3, wobei wiederum R_3 mit R_2 nur diese eine Vergleichshinsicht gemeinsam zu haben braucht, wie groß ist dann die Schwelle zwischen R_1 und R_3? Oben stellte ich eine ähnliche Frage; aber es handelte sich dort um den Übergang von homogenen zu disparaten Reizen, während wir uns hier die Reize von vornherein als disparat denken. Folgendes sind die empirischen Bestimmungen für diesen speziellen Fall; als Sukzessivschwelle ist das Mittel aus beiden Reihenfolgen genommen:

[1]) Über abstrahierende Apperzeption, Diese Studien II 1906, S. 431.

	Licht-Schall	Licht-Druck	Schall-Druck
Simultanschwelle:	2.2 cm	1.2 cm	3.5 cm
Sukzessivschwelle:	1.7 cm	0.7 cm	1.1 cm

Wenn einmal die Schwellen Licht-Schall und Licht-Druck gemessen sind, müßten eigentlich auch über die Schwelle Schall-Druck bestimmte Aussagen möglich sein. Können wir ihr überhaupt einen bestimmten Wert vorschreiben, so wie ich etwa nach dem Weberschen Gesetze für eine bestimmte Reizintensität auf Grund anderer Bestimmungen einen wahrscheinlichen Schwellenwert vorschreiben kann? Die eben mitgeteilten Zahlen machen dies nicht wahrscheinlich, andererseits treten aber bei der räumlichen Unterscheidung von Schall und Druck keine anderen Faktoren in Wirksamkeit als sie schon bei den ersten Schwellen beteiligt gewesen sind. Analoga hierzu aus einem Gebiete, in welchem experimentelle Angaben vorliegen, würden wieder die Zeitschwellen disparater Sinneseindrücke bilden. Aber der Gedanke selbst ist noch allgemeinerer Natur. Man könnte z. B. bei Reaktionsversuchen für die Kombination von Licht-Schall und Licht-Druck bestimmte Wahlzeiten finden; läßt sich nun über eine Wahlzeit zwischen Schall-Druck von vornherein etwas aussagen? Auch hier wird man mit einer Entscheidung zurückhalten.

Trotz alledem liegt namentlich bei der Simultanschwelle der Gedanke nahe, die Schwelle der disparaten Reize als arithmetisches Mittel der beiden Einzelschwellen aufzufassen. Wenn ich mir dann die Schwelle des Lichtreizes als verschwindend klein gegen die der beiden anderen Reize denke, müßte die Schwelle Schall-Druck gleich der Summe der beiden anderen werden. Der empirisch gemessene Wert liegt dieser Summe überraschend nahe. Aber die Überlegung wird dadurch nicht gerechtfertigt. Denn sie müßte auch für die Sukzessivschwellen durchführbar sein, und hier widersprechen ihr die Zahlen in hohem Grade. Die Eigentümlichkeit dieses Verhaltens läßt sich auch folgendermaßen veranschaulichen. Wir können jeden Reiz, für den eine Raumschwelle angebbar ist, mit einer bestimmten Festigkeit an seiner Stelle des Raumes haften lassen. Diese Festigkeit ist umso größer, je feiner die Raumschwelle ist. Der Ausdruck Festigkeit scheint mir auch dem subjektiven Sicherheitsgefühl bei einer Lokalisation gerecht zu werden. Ein kurz dauernder Lichtreiz haftet

fester an seiner Stelle im Raum, ein Ton ist nachgiebiger, gleichsam elastischer u. s. f. Wenn nun ein Licht- und ein Schallreiz und ebenso ein Licht- und ein Tastreiz mit einer bestimmten Festigkeit an einander haften, dann sollte man eigentlich meinen, es müsse auch die Festigkeit, mit der im Raume Schall und Druck an einander haften, bestimmt sein. Aber es können hier Faktoren hinzutreten, die sich unserer Kenntnis noch entziehen. Vermutlich sind hier die Eigentümlichkeiten der Eintragung von Schall und Druck in den Gesichtsraum im Spiel. Bei der Unterscheidung von Schall und Druck wissen wir nicht, in welchem Grade diese auf Grund der Eintragung in verschiedene Stellen des Gesichtsraumes oder inwieweit sie durch unmittelbare Verschiedenheit irgend welcher räumlicher Merkmale erfolgt.

3. Zusammenfassung und allgemeinere Sätze.

Die experimentellen Ergebnisse lassen sich in folgendes zusammenfassen.

1. Die räumliche Simultanschwelle zweier disparater Reize (Licht, Schall, Druck) ist stärker als ihre Sukzessivschwellen.

2. Die Sukzessivschwelle disparater Reize ist von der Reihenfolge abhängig. Die drei Reize lassen sich so anordnen, daß für jede binäre Reizkombination die Schwelle in der durch diese Reihe gegebenen Richtung größer ist. Diese Reihe heißt: Licht, Schall, Druck.

3. Die Sukzessivschwelle zweier disparater Reize ist größer als die Schwelle zwischen den homogenen Reizen.

4. Durch wiederholte simultane Darbietung zweier räumlich eben unterscheidbarer Reize wird ihre Unterscheidung merklich erschwert.

5. Wenn gleichzeitig mit einem Reiz ein disparater Reiz in einer die Schwelle nicht zu weit übersteigenden Distanz einwirkt, erscheint der erste nach dem zweiten hingezogen. Nach dem Grade dieser induzierenden Wirkung, sowie nach dem Widerstande, der gegen solche Induktionen geleistet wird, lassen sich die Reize wieder in Reihen ordnen. Diese Reihen fallen mit der unter 2 mitgeteilten zusammen.

6. Die Auffassung von Strecken, die durch disparate sukzessive

Reize begrenzt sind, ist von der Reihenfolge der Darbietung in dem Sinne abhängig, daß die Strecke dann kleiner erscheint, wenn der die stärkere Induktion ausübende Reiz vorangeht. Die simultane Darbietung erscheint stets kleiner, als diejenige sukzessive, bei welcher der stärker induzierende Reiz nachfolgt. Dies gilt für Strecken, welche die Schwelle nicht zu weit übersteigen. Bei größeren Entfernungen scheint der Einfluß der Darbietungsweise zu verschwinden.

Die auf diese Ergebnisse sich stützenden allgemeineren Sätze lassen sich unter folgenden Gesichtspunkten vereinigen. An der Spitze steht die Tatsache der räumlichen Komplikation; wir können einem Gesetz der räumlichen Komplikation einen experimentell nachgewiesenen Inhalt geben. Zweitens haben sich nach dem Grade, in welchem jeder der drei Reize Licht, Schall, Druck an diesen Tendenzen teil hat, bestimmte gesetzmäßige Eigentümlichkeiten der Reize ergeben. Wir können den Grad der räumlichen Induktion als eine regelmäßige Begleiterscheinung nachweisen, und nennen dies das Gesetz des räumlichen Induktionsgrades. Beide Gesetze lassen sich als Aufmerksamkeitsphänomene deuten. Gleichzeitige Reize stellen an den Apperzeptionsakt, der sich auf sie richtet, andere Anforderungen als sukzessive, denen die Aufmerksamkeit ungezwungen zu folgen vermag. So fügt sich das Gesetz der räumlichen Komplikation den allgemeinen Erfahrungen über die Natur der Aufmerksamkeit. Das Gesetz des Induktionsgrades weist aber darauf hin, daß die Reize verschiedener Sinnesgebiete in verschieden hohem Grade die Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen pflegen. Gewiß gibt es nichts veränderlicheres, als die Verteilung der Klarheitsgrade und die Beschaffenheit des Bewußtseinsreliefs. Aber es läßt sich doch beobachten, daß manche Eindrücke in Konkurrenz mit anderen regelmäßig die Aufmerksamkeit stärker an sich ziehen. Jeder Eindruck hat in diesem Sinne eine bestimmte Eigenenergie. Die unmittelbare Analogie zwischen den Induktionsgraden und diesen Verhältnissen der Eigenenergie läßt in beiden dieselbe Eigentümlichkeit der Reize vermuten.

Diese Bedeutung haben die Gesetze in phänomenologischer Hinsicht. Möglicherweise aber haben sie auch Anteil an der Bildung der räumlichen Vorstellungen, soweit dafür apperzeptiv bedingte

Eigentümlichkeiten in Frage kommen. Aus dem Gesetz der räumlichen Komplikation und dem des Induktionsgrades fließt dann ein formales Prinzip für die Vereinigung des Schall- und Tastraumes mit dem Gesichtsraum, das solange zuzulassen ist, als keine erfahrungsmäßigen Gegeninstanzen vorliegen. Formal nenne ich es deswegen, weil in ihm absichtlich von allen inhaltlichen Verknüpfungen abgesehen ist.

I. Gesetz der räumlichen Komplikation.

1. Gleichzeitige disparate Reize üben aufeinander räumliche Induktionen aus. Diese Induktionen lassen sich als eine Tendenz zur räumlichen Verschmelzung charakterisieren.

2. Auch bei sukzessiver Darbietung läßt sich diese Induktion nachweisen; indessen ist die Verschmelzungstendenz bei sukzessiver Darbietung schwächer als bei simultaner.

II. Gesetz des räumlichen Induktionsgrades.

Die induzierende Tendenz jedes der drei geprüften Reize Licht, Schall, Druck ist gleich dem Widerstande, den er selbst gegen räumliche Induktionen leistet. Die induzierenden Tendenzen sind bei den einzelnen Reizen verschieden. Die Reihenfolge, in welche sie sich ordnen, und annähernd auch ihre Verhältnisse stimmen mit der Eigenenergie überein, d. h. mit dem Klarheitsgrad, der bei gleichzeitiger Einwirkung der Reize auf jeden einzelnen entfällt.

III. Formales Prinzip für die Vereinheitlichung der in disparaten Eindrücken fundierten Raumvorstellungen.

Für die Vereinigung der Raumvorstellungen disparater Sinnesgebiete ist das Prinzip zuzulassen, daß simultane Reizung die Eindrücke stärker räumlich aneinander bindet als sukzessive. Die Präzision, mit der Schall- und Tasteindrücke auf eine bestimmte Stelle des Gesichtsraumes bezogen werden, läßt sich aus den optischen, akustischen und taktilen Raumschwellen allein nicht ableiten; vielmehr tritt hier das Gesetz des Induktionsgrades in Kraft, welches für die Raumschwelle disparater Reize besondere Werte vorschreibt.

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.